

**DESENVOLVIMENTO DE AÇÕES DE EXTENSÃO NO CAMPO DA
VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA AO PROBLEMA DO
DIAGNÓSTICO DO COVID-19**

**DEVELOPMENT OF EXTENSION ACTIONS IN COMPUTER VISION
APPLIED TO THE COVID-19 DIAGNOSIS PROBLEM**

**DESARROLLO DE ACCIONES DE EXTENSIÓN DE VISIÓN POR
COMPUTADORA APLICADAS AL PROBLEMA DE DIAGNÓSTICO
COVID-19**

Matheus de Freitas Oliveira Baffa¹
Alessandra Martins Coelho²

RESUMO

O COVID-19 é uma doença de rápida transmissão que em apenas seis meses já infectou mais de doze milhões de pessoas, em todo o mundo. Atualmente, o diagnóstico é realizado utilizando kits de análise molecular a fim de verificar a presença do RNA viral em secreções respiratórias. As imagens médicas têm sido utilizadas para auxiliar no diagnóstico devido à sua eficiência em caracterizar a doença e facilidade em realizar o procedimento em vista que os aparelhos necessários já se encontram disponíveis na maior parte do país. Entretanto, existe uma certa dificuldade em diferenciar pacientes doentes com COVID-19 e pacientes saudáveis, utilizando apenas exames por imagem. Além disso, realizar a detecção de artefatos nas imagens não é uma tarefa trivial, no Brasil há poucos radiologistas especializados em analisar radiografias do tórax. Entretanto, sistemas computacionais de auxílio ao diagnóstico por Inteligência Artificial podem prover uma ferramenta que indica achados nas imagens com elevado grau de eficiência. Desta forma, este projeto de extensão visou capacitar os participantes na elaboração e implementação de aplicações na área de Visão Computacional, envolvendo o problema do diagnóstico do coronavírus por imagem. Ao final da realização do projeto, observou-se um grande envolvimento dos participantes e projetos com excelentes resultados foram desenvolvidos.

Palavras-chave: Coronavírus; Visão Computacional; Radiografia Torácica.

ABSTRACT

COVID-19 is a rapidly transmitted disease that in just six months has infected more than twelve million people worldwide. Currently, the diagnosis is made using molecular analysis kits in order to verify the presence of viral RNA in respiratory secretions. Medical images have been used to assist in the diagnosis due to their efficiency in characterizing the disease and ease in carrying out the procedure, considering that the necessary devices are already

¹ Universidade de São Paulo. E-mail do autor principal: mfreitas826@gmail.com.

² Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais.

available in most of the country. However, there is some difficulty in differentiating patients with COVID-19 and healthy patients, using only imaging tests. Furthermore, performing the detection of artifacts in images is not a trivial task. In Brazil, there are few radiologists specialized in analyzing chest radiographs. However, computational systems to aid the diagnosis by Artificial Intelligence can provide a tool that indicates findings in images with a high degree of efficiency. In this way, this extension project aims to enable the participants to develop systems in the Computer Vision area involving the problem of coronavirus imaging diagnosis. At the end of the project, there was a great involvement of the participants, and projects with excellent results were developed.

Keywords: Coronavirus; Computer Vision; Chest X-Ray.

RESUMEN

COVID-19 es una enfermedad de transmisión rápida que en solo seis meses ha infectado a más de doce millones de personas en todo el mundo. Actualmente, el diagnóstico se realiza utilizando kits de análisis molecular para verificar la presencia de ARN viral en las secreciones respiratorias. Las imágenes médicas se han utilizado para ayudar en el diagnóstico debido a su eficacia en la caracterización de la enfermedad y la facilidad para llevar a cabo el procedimiento, teniendo en cuenta que los dispositivos necesarios ya están disponibles en la mayor parte del país. Además, existe cierta dificultad para diferenciar pacientes con COVID-19 y pacientes sanos, utilizando solo imagen. Además, detectar artefactos en imágenes no es una tarea trivial, en Brasil hay pocos radiólogos especializados en analizar radiografías de tórax. Entonces, los sistemas computacionales para ayudar al diagnóstico mediante Inteligencia Artificial pueden proporcionar una herramienta que indique los hallazgos en imágenes con un alto grado de eficiencia. De esta manera, este proyecto de extensión tiene como objetivo permitir a los participantes a investigar en el área de Visión por Computadora que involucra el problema del diagnóstico por imágenes de coronavirus. Al final del proyecto, hubo una gran participación de los participantes y se desarrollaron proyectos con excelentes resultados.

Palabras clave: Coronavirus; Visión por Computador; Radiografía de Pecho.

1. INTRODUÇÃO

A Visão Computacional é uma área da Ciência da Computação que integra técnicas de Análise e Processamento de Imagens à Inteligência Artificial. Esta área de estudos é responsável por gerar novas informações sobre os elementos que compõem a imagem (CONCI; AZEVEDO; LETA, 2008).

O desenvolvimento de novas tecnologias de processamento e armazenamento de dados têm possibilitado o desenvolvimento de aplicações em Visão Computacional em diversos segmentos da Medicina (SHIRAZI *et al.*, 2020; ISMAEL *et al.*, 2020). Além disso, o

surgimento de técnicas mais sofisticadas de Aprendizagem de Máquina, como o Aprendizado Profundo, tem permitido o reconhecimento de padrões complexos antes desconhecidos.

O Aprendizado Profundo (ou *Deep Learning*) é uma abordagem de Redes Neurais Artificiais com alta capacidade de modelar e compreender padrões de alta complexidade em bases de informações visuais. As arquiteturas presentes nesse tipo de Inteligência Artificial de alto nível, possibilita combinar elementos visuais em imagens e detectar padrões anteriormente desconhecidos (GOODFELLOW *et al.*, 2016).

Nesta ação extensionista, foram lecionados conceitos de Processamento e Análise de Imagens para aplicações Biomédicas. Além disso, os participantes foram introduzidos ao desenvolvimento de programas inteligentes com foco em Aprendizagem Profunda, para fins de reconhecimento de padrões e auxiliar os médicos na interpretação dos exames por imagem.

Ao longo do projeto, os participantes foram expostos ao problema do diagnóstico do COVID-19. Foi mostrado aos participantes as modalidades de imagens médicas utilizadas na detecção dessa doença, tais como a radiografia torácica e a tomografia computadorizada (CT). Estudou-se as formas utilizadas pelos radiologistas para identificar possíveis lesões e achados na imagem, que mais se apresentam em casos positivos da doença.

Ao final da ação, os participantes se juntaram em grupos para propor o desenvolvimento de novas ferramentas de auxílio ao diagnóstico guiado pelo computador. O objetivo desses softwares é fornecer aos médicos uma ferramenta que auxilia a interpretar regiões da imagem com suspeitas de lesões ou de achados típicos de pacientes diagnosticados positivamente.

Assim, a presente atividade teve como objetivo (i) desenvolver uma ação de capacitação de estudantes e profissionais da área da Computação, fornecendo os conceitos básicos de pesquisa em Visão Computacional, como técnicas de Processamento e Análise de Imagens e aplicação de algoritmos de Inteligência Artificial, baseada em Redes Neurais Profundas, para detecção de padrões visuais nas imagens; e (ii) desenvolver aplicações científicas baseadas em Visão Computacional para auxiliar radiologistas na interpretação de achados clínicos em exames por imagens.

Por fim, o objetivo deste artigo é mostrar no formato de um relato de experiência, o contexto em que as ações de extensão aplicadas ao problema do diagnóstico da COVID-19 estão inseridas no campo da Visão Computacional, bem como discutir sobre as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos.

Este trabalho está organizado como se segue. Na Seção 2 é feita uma discussão sobre o problema da COVID-19 no Brasil e no mundo, bem como é apresentado a delimitação do tema e a relação com a Visão Computacional. Na Seção 3 é demonstrado os materiais necessários para o desenvolvimento do projeto. A Seção 4 contém o relato de experiência, contando como o projeto foi organizado e conduzido. A Seção 5 discute os resultados obtidos. E por fim, a Seção 6 conclui o presente trabalho.

2. O CENÁRIO DO CORONAVÍRUS NO BRASIL E NO MUNDO

Descoberto em 31 de dezembro de 2019, a COVID-19, popularmente conhecido como coronavírus, é uma doença causada pelo vírus SARS-COV-2, que causa uma forte infecção das vias respiratórias (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020a). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o novo coronavírus apresenta um quadro clínico que varia de infecções assintomáticas (80% dos casos) à quadros respiratórios graves (5% dos casos), que podem necessitar de suporte para o tratamento de insuficiência respiratória.

A doença foi declarada um surto de importância internacional, de acordo com o Regulamento Sanitário Internacional da OMS. Devido à sua alta capacidade de transmissão e ocorrência em diversos continentes, em 11 de março de 2020 o COVID-19 foi caracterizado como pandemia (UNA-SUS, 2020).

Até o momento, foram registrados mais de doze milhões de casos de coronavírus no mundo. Destes, seis milhões e 890 mil pacientes já se encontram curados. A taxa de letalidade da doença é de aproximadamente 7% e causou um total de 560 mil mortes (OMS, 2020).

No Brasil, o Ministério da Saúde em conjunto com as Secretarias Estaduais da Saúde reportou um total de 1.800.827 casos confirmados da doença. A região sudeste possui o maior número de ocorrências, cerca de 49,8% dos casos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b).

No início do projeto de extensão, as estatísticas nacionais giravam em torno de 78 mil casos confirmados da doença. Houve um espantoso aumento de 2.307% em relação às estatísticas atuais de acordo com os dados do Ministério da Saúde (2020b).

Os sintomas mais comuns do COVID-19 são a tosse seca, a febre, a coriza e a dor de garganta. De acordo com a OPAS/OMS (2020), alguns pacientes podem apresentar dores no corpo, congestão nasal e diarreia em decorrência da evolução da doença. Os casos mais graves podem incluir a dificuldade de respirar, pneumonia e febre alta.

O diagnóstico é realizado em pacientes que apresentam sintomas característicos da doença. Este é composto pela coleta de materiais respiratórios (aspiração de vias aéreas ou indução de escarro) e é submetido à exames de biologia molecular a fim de verificar a presença do RNA viral (SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DO PARANÁ, 2020).

Devido à alta demanda e a falta de kits de testagem, o uso de exames por imagens pode auxiliar na detecção de lesões pulmonares em pacientes com um determinado grau de infecção. Nesse caso, os exames mais recomendados para auxiliar a visualização do pulmão são os exames de radiografia torácica e a tomografia computadorizada (*Computed Tomography* - CT) (ACR, 2020 apud. OLIVEIRA, 2020).

A análise da radiografia é feita com o objetivo de encontrar sinais de anormalidades em relação ao padrão de um paciente saudável. Nesses casos, as imagens provenientes de pacientes doentes apresentam regiões com efeito irregular bilateral opaco e com aspecto de vidro-fosco. Entretanto, esses achados clínicos podem ser similares a outros tipos de pneumonia, dificultando o processo de diferenciação de pacientes com o novo coronavírus e pacientes com outras pneumonias virais (GUAN, 2020).

Comparada às imagens de raios-x, nas imagens de CT é mais fácil encontrar artefatos que permitem identificar especificamente o coronavírus. A caracterização do paciente com a doença consiste em identificar anormalidades, como opacidades com atenuação periférica, focal ou multifocal, que fazem alusão à visualização do pulmão com efeito de vidro fosco. Em casos mais severos da doença, entre 9 e 13 dias, é possível verificar lesões com padrão em mosaico (CHUNG, 2020; ZU *et al.*, 2020).

Um estudo realizado por pesquisadores americanos e chineses demonstrou a precisão em diagnosticar o coronavírus utilizando esses exames por imagem. No estudo, um grupo de sete patologistas analisaram as imagens de CT de 219 pacientes chineses. A análise apontou uma precisão de 82% em diagnosticar pacientes com coronavírus (BAI *et al.*, 2020).

O problema de diferenciar exames por imagem de pacientes doentes e saudáveis é comumente abordado na literatura da Visão Computacional aplicada à Saúde (JEYARAJ *et al.*, 2019; BAFFA *et al.*, 2018). Sistemas de auxílio ao diagnóstico que utilizam Inteligência Artificial têm se mostrado um poderoso aliado no diagnóstico preciso de doenças (PAIVA *et al.*, 2017).

No âmbito da pandemia do novo coronavírus, sistemas de Visão Computacional vêm sendo desenvolvidos para o auxílio do diagnóstico da radiografia e do CT. O trabalho de Narin *et al.* (2020) desenvolveu um algoritmo de classificação de radiografias, baseado em Redes Convolutivas Altamente Profundas. Esse método obteve uma acurácia de 98% utilizando o algoritmo ResNet50.

Com o desenvolvimento de estudos em Visão Computacional, é possível elaborar métodos que diferenciam os pacientes com coronavírus dos demais pacientes com outras infecções pulmonares, além de auxiliar os médicos radiologistas a interpretar os exames indicando possíveis lesões.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Respeitando as medidas preventivas recomendadas pela OMS e pelo Ministério da Saúde, os encontros foram realizados virtualmente através da plataforma *mConf*, fornecida pela Rede Nacional de Pesquisa (RNP). As atividades relatadas neste trabalho foram integralmente desenvolvidas à distância.

Para a realização das atividades, os participantes foram instruídos a instalarem todo ambiente de Visão Computacional através do *software* Anaconda. Além disso, foi necessário um conhecimento prévio em técnicas de programação, estruturas de dados e experiência com a linguagem Python para total compreensão do conteúdo abordado. Esses, além do acesso à internet, foram os únicos requisitos para o desenvolvimento das atividades.

4. RELATO DE EXPERIÊNCIA

Ao todo, foram 17 participantes inscritos no projeto. Na sua grande maioria, os participantes eram formados por estudantes, sendo 16 do curso de graduação em Ciência da Computação e um da pós-graduação, também em Ciência da Computação.

O projeto de extensão foi dividido em duas etapas, sendo a primeira etapa um curso de Processamento e Análise de Imagens Médicas e a segunda etapa, o desenvolvimento de aplicações para auxílio ao diagnóstico de pacientes com coronavírus. A carga horária das atividades teóricas foi de 48 horas, sendo 16 horas cada módulo.

A primeira etapa teve como objetivo ensinar conceitos novos, nivelar e atualizar os conhecimentos dos participantes acerca da construção de sistemas baseados em imagens. Nesta etapa, três minicursos foram lecionados baseados nas três áreas que compõem a Visão Computacional. De acordo com Conci *et al.* (2008), sistemas de Visão Computacional são, geralmente, formados por três elementos: (i) Processamento de Imagens; (ii) Análise de Imagens e; (iii) Reconhecimento de Padrões.

Para cobrir todo conteúdo relacionado a estas três etapas, o curso proposto na etapa 1 foi dividido em três módulos, um para cada elemento da Visão Computacional. O primeiro módulo objetivou introduzir os conceitos e ferramentas de processamento de imagens. Tais ferramentas são importantes pois são responsáveis pelo melhoramento dos exames, remoção de informações desnecessárias ao reconhecimento de padrão e reforço de características visuais que permitem reconhecer exames provenientes de pacientes doentes e saudáveis.

O segundo módulo foi composto pelo estudo e implementação de técnicas de Análise de Imagens. Na Computação Gráfica, analisar uma imagem significa observá-la à luz de uma característica descritora. Por exemplo, as cores e as formas são características visuais que permitem identificar diferentes tipos de elementos que compõem uma ou um conjunto de imagens.

Por fim, o terceiro módulo introduziu os participantes ao desenvolvimento de técnicas de reconhecimento de padrões utilizando Inteligência Artificial. Nessa etapa, os participantes

aprenderam os fundamentos e a utilização de métodos sofisticados de classificação baseados em Redes Neurais Artificiais.

As atividades foram desenvolvidas seguindo a metodologia de ensino expositiva, complementada por exercícios práticos. A principal característica dessa metodologia de ensino se dá pela comunicação verbal por parte do professor em forma de narração ou demonstração de forma que a aprendizagem do aluno se concretize (GONÇALVES, 1984). Após cada conceito aprendido, um exemplo visual foi mostrado, a fim de exemplificar sua aplicação em problemas médicos, em especial ao problema de diagnóstico de pacientes com coronavírus. Para cada exemplo visual, uma atividade prática de programação foi desenvolvida sob supervisão do ministrante. Ao final de cada módulo, uma atividade para entrega foi proposta, visando a fixação do conteúdo.

A segunda etapa do projeto de extensão foi composta pela elaboração e desenvolvimento de um projeto de pesquisa. Nessa etapa, os participantes foram expostos a diversos problemas específicos, referentes ao problema geral de diagnóstico de pacientes com coronavírus, utilizando imagens de Radiografias Torácicas ou de CT. Alguns desses problemas são (i) o problema de classificação entre pacientes doentes e pacientes saudáveis; (ii) o problema de classificação entre os diferentes tipos de pneumonia viral, incluindo o COVID-19 e; (iii) o estudo de características e classificadores para melhor resolver o problema geral supracitado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado deste projeto de extensão, oito aplicações de visão computacional foram desenvolvidas pelos participantes. Estas aplicações foram baseadas no conteúdo visto no curso de capacitação ofertado no projeto de extensão.

O desenvolvimento das aplicações teve início após o término do último módulo do curso. Inicialmente os participantes escolheram um projeto entre uma lista de problemas específicos para trabalhar com a ferramenta proposta. Após esta etapa, iniciou-se uma investigação do atual estado da arte em desenvolvimento de sistemas de Visão Computacional aplicado a imagens de diagnóstico do coronavírus.

Em seguida, realizaram uma busca por trabalhos científicos que compartilhasse bases de imagens, a fim de obter imagens para os projetos. Ao todo, foram obtidas quatro bases de dados na plataforma *Kaggle*, contendo radiografias torácicas e CT de pacientes doentes e saudáveis.

Ao todo, três projetos foram desenvolvidos. Estes, utilizaram de técnicas de processamento de imagens para realizar uma segmentação da região dos pulmões para delimitar e melhorar o conteúdo de interesse nos exames. Após esta etapa, foram utilizadas diferentes técnicas de análise de imagens para descrevê-las no formato de um vetor descritivo. Por fim, ocorreu a etapa de classificação, com a utilização de um algoritmo de reconhecimento de padrões baseado em Redes Neurais Profundas.

O primeiro trabalho, desenvolvido por Martins *et al.* (2020), utilizou o extrator *Local Binary Patterns* (LBP) (PIETIKÄINEN *et al.*, 2011) para extrair informações de textura em padrões binários de toda a região torácica em exames de Raios-X. A partir da extração do LBP, os participantes construíram uma base de dados descritiva dos exames e aplicaram o algoritmo *Fully-Connected Neural Network* (FCNN) para o reconhecimento de padrões na base descritora, com objetivo de detectar padrões que permitissem a identificação de exames provenientes de pacientes doentes e saudáveis. O método proposto pelos autores obteve uma taxa de acerto médio de 98%.

Similar a proposta de detecção de padrões texturais, o segundo trabalho desenvolvido por Carvalho *et al.* (2020) criou um vetor descritivo baseado em dois algoritmos descritores, o *Thresholding Adjacency Statistics* (TAS) (HAMILTON *et al.*, 2007) e o descritor textural de *Haralick* (HARALICK *et al.*, 1973). O algoritmo de detecção de padrões nesta base textural também foi o FCNN, uma vez que este algoritmo se mostrou altamente eficaz em detectar padrões de alta complexidade em bases descritivas. O método proposto pelos autores obteve uma taxa de acerto médio de 96%.

Por fim, o terceiro trabalho, desenvolvido por Viveiros *et al.* (2020) investigou e mediu a performance da utilização da característica cor, através da extração do histograma de intensidade, como uma característica descritiva para o problema de reconhecimento de padrões em imagens de radiografia do tórax. Utilizando uma FCNN para detecção de padrões, os autores obtiveram uma taxa de acerto médio de 90%. Além disso, neste trabalho também

foi investigado a implementação de um vetor descritivo híbrido, formado a partir da extração de características texturais, utilizando o algoritmo de *Haralick* supracitado, e o histograma de intensidade. Nesta segunda análise os autores obtiveram uma taxa de acerto médio de 95%.

A eficiência em diagnosticar exames provenientes de pacientes doentes e saudáveis dos trabalhos propostos ficou em torno de 90 a 98%, e envolveram a utilização de diferentes metodologias. Os métodos desenvolvidos e seus respectivos experimentos e resultados foram publicados no formato de artigo científico em eventos da área de Informática em Saúde e Visão Computacional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Descoberto recentemente, o COVID-19 se tornou um surto viral de caráter internacional. Sua facilidade de transmissão obrigou governos a desenvolver diversas políticas públicas para tentar conter o avanço da doença. O diagnóstico da doença é dificultado pela ausência de kits biológicos e pela demora na obtenção dos resultados. Dessa forma, o uso de exames por imagens pode auxiliar os médicos a diagnosticar o paciente e prover tratamentos mais precisos para a doença. A dificuldade em diagnosticar a doença através das imagens se dá pelo fato de ser bastante semelhante aos achados do coronavírus e demais pneumonias virais em imagens de radiografia do tórax. A Visão Computacional, por meio das diversas técnicas que podem ser empregadas para melhorar e descrever as imagens, pode ser utilizada como recurso para auxílio no diagnóstico de diversas doenças utilizando imagens médicas. Neste trabalho, foi exposto o relato de experiência de um projeto cujo objetivo é lecionar conceitos de visão computacional a fim de possibilitar a investigação e o desenvolvimento de novas tecnologias por meio dos participantes. O projeto se concluiu com excelente, a partir da criação de cinco aplicações, três publicadas e duas em desenvolvimento, com potencial de atender o público alvo.

REFERÊNCIAS

ACR. **ACR Recommendations for the use of Chest Radiography and Computed Tomography (CT) for Suspected COVID-19 Infection**. 2020. Disponível em: <https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for-Chest-Radiography-and-CT-for-Suspected-COVID19-Infection>. Acesso em: 29 mar. 2020.

BOLLELLA, V. R. *et al.* **COVID-19: O que você precisa saber e fazer?** 2020. Disponível em: <https://cursosextensao.usp.br/course/view.php?id=1611>. Acesso em: 29 abr. 2020.

BAI, H. X. *et al.* Performance of radiologists in differentiating COVID-19 from viral pneumonia on chest CT. **Radiology**, v. 296, n. 2, p. E46-E54, 2020.

BAFFA, M. F. O.; LATTARI, L. G. Convolutional neural networks for static and dynamic breast infrared imaging classification. *In: 31st Conference on Graphics, Patterns and Images (SIBGRAPI), 2018. Rio de Janeiro. Proceedings [...].* Rio de Janeiro: SIBGRAPI, 2018, p. 174-181.

CARVALHO, E. C.; MALTA, R. C.; COELHO, A. M.; BAFFA, M. F. O. Automatic Detection of COVID-19 in X-Ray Images Using Fully-Connected Neural Networks. *In: XVI Workshop de Visão Computacional, 2020, Uberlândia. Anais [...].* Uberlândia: WVC, 2020.

CHUNG, M. *et al.* CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). **Radiology**, v. 295, n. 1, p. 202-207, 2020.

CONCI, A., AZEVEDO, E., LETA, F. R. **Computação Gráfica: Teoria e Prática**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2008.

GONÇALVES, M. A. S. **O Método Expositivo**. 1984. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/kinesis/article/viewFile/10352/6331>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GOODFELLOW, I. *et al.* **Deep Learning**. MIT Press, 2016. Disponível em: <http://www.deeplearningbook.org>. Acesso em: 30 abr. 2020.

GUAN, W. *et al.* Clinical characteristics of 2019 novel coronavirus infection in China. **The New England Journal of Medicine**, v. 382, n. 18, 2020.

HAMILTON, N. A. *et al.* Fast automated cell phenotype image classification. **BMC Bioinformatics**, v. 8, n. 110, 2007.

HARALICK, R. M.; SHANMUGAM, K.; DINSTEN, I. H. Textural features for image classification. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, vol. SMC-3, n. 6, p. 610-621, 1973.

Revista de Extensão da UNIVASF, Petrolina, volume suplementar, n. 1, p. 184-196, 2021.

ISMAEL, S. A. A.; MOHAMMED, A.; HEFNY, H. An enhanced deep learning approach for brain cancer MRI images classification using residual networks. **Artificial Intelligence in Medicine**, v. 102, n. 101779, 2020.

JEYARAJ, P. R.; NADAR, E. R. S. Computer-assisted medical image classification for early diagnosis of oral cancer employing deep learning algorithms. **Journal of Cancer Research and Clinical Oncology**, v. 145, n. 4, p. 829-837, 2019.

KLEIN, P. Ministério da Saúde cria banco de imagens para diagnóstico de coronavírus.

Portal Único do Governo, Brasília, 2020. Disponível em:

<https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46678-ministerio-da-saude-cria-banco-de-imagens-para-diagnostico-de-coronavirus>. Acesso em: 29 abr. 2020.

MARTINS, J. V. G.; GREGORIO, M. P.; COELHO, A. M.; BAFFA, M. F. O. Classificação da COVID-19 em Radiografias do Tórax Utilizando Redes Neurais Profundas e Padrões Binários Locais. *In: XVII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2020, Foz do Iguaçu. Anais [...]. Foz do Iguaçu: CBIS, 2020.*

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Painel Coronavírus**. 2020a. Disponível em:

<https://covid.saude.gov.br>. Acesso em: 12 jul. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sobre o COVID-19**. 2020b. Disponível em:

<https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca#o-que-e-covid>. Acesso em: 12 jul. 2020.

NARIN, A.; KAYA, C.; PAMUK, Z. Automatic detection of coronavirus disease (COVID-19) using X-ray images and deep convolutional neural networks. **arXiv**, arXiv e-print:

2003.10849, 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Folha informativa COVID-19**. 2020.

Disponível em:

https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875. Acesso em: 12 jul. 2020.

OMS. **Coronavirus disease 2019 (COVID-19). Situation Report – 100**. Geneva: World

Health Organization. 2020. Disponível em:

Revista de Extensão da UNIVASF, Petrolina, volume suplementar, n. 1, p. 184-196, 2021.

https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200429-sitrep-100-covid-19.pdf?sfvrsn=bbfbf3d1_2. Acesso em: 29 mar. 2020.

OLIVEIRA, C. V. Coronavírus: uso de tomografia computadorizada na detecção. **BrasilRad**, Joinville, 12 de março de 2020. Disponível em: <https://brasilrad.com.br/artigos/coronavirus-uso-de-tomografia-computadorizada-na-deteccao>. Acesso em: 29 abr. 2020.

PAIVA, O. A.; PREVEDELLO, L. M. O potencial impacto da inteligência artificial na radiologia. **Radiologia Brasileira**, v. 50, n. 5, p. V-VI, 2017.

PIETIKÄINEN *et al.* **Computer Vision Using Local Binary Patterns**. 1 ed. London: Springer, 2011.

SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DO PARANÁ. **Como é feito o diagnóstico do coronavírus?** 2020. Disponível em:

<http://www.saude.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=3512>. Acesso em: 29 abr. 2020.

SHIRAZI, A. Z. *et al.* DeepSurvNet: deep survival convolutional network for brain cancer survival rate classification based on histopathological images. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v. 58, p. 1031-1045, 2020.

SONG, E. *et al.* Emerging 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia. **Radiology**, v. 295, n. 1, p. 210-217, 2020.

UNA-SUS. **Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo Coronavírus.** 2020. Disponível em:

<https://www.unasus.gov.br/noticia/organizacao-mundial-de-saude-declara-pandemia-de-coronavirus>. Acesso em: 29 abr. 2020.

VIVEIROS, V. H. S.; LIMA, R. B.; MARTINS, F. L. L.; COELHO, A. M.; BAFFA, M. F. O. Fully-Connected Neural Network for COVID-19 Chest X-Ray Imaging Classification Using Hybrid Features. *In: XVI Workshop de Visão Computacional, 2020, Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: WVC, 2020.*

Revista de Extensão da UNIVASF, Petrolina, volume suplementar, n. 1, p. 184-196, 2021.

ZU, Z. Y. *et al.* Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a perspective from China. **Radiology**, v. 296, n. 2, p. E16 – E25, 2020.

Artigo recebido em 13 de julho de 2020.

Artigo aprovado em 28 de março de 2021.