



IDENTIFICADOR DE OVOS DE *ASCARIS LUMBRICOIDES* ATRAVÉS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Rebeca Lorelayne Barbosa¹, Sâmella Ester Cordeiro Barbosa², Rodrigo Lobo Leite (Orientador), (Coorientador)

Fundação de Ensino de Contagem – Unidade CENTEC, Contagem – Minas Gerais
e-mail de contato: Rebecalorelayne24@gmail.com

Recebido em: 15/05/2024 – Aprovado em: 15/06/2024 – Publicado em: 30/06/2024
DOI: 10.18677/EnciBio_2024B12

RESUMO

A inteligência artificial (IA) tornou-se uma ferramenta essencial no reconhecimento de imagens e tem o potencial de revolucionar o campo da parasitologia. A IA pode ser usada para identificar ovos de *Ascaris lumbricoides*, com alta precisão. Isso é importante porque a identificação desses ovos é crucial no diagnóstico e tratamento dessa infecção parasitária. O *Ascaris lumbricoides*, popularmente conhecido como lombriga, é um nematódeo (nematelminto), sendo um verme de cor clara, corpo cilíndrico e extremidades mais finas, que costuma ter entre 15 e 30 cm de comprimento. Esse verme deposita os ovos nas fezes dos pacientes que estão infectados por ele. A ascaridíase é o resultado da infestação de tal nematelminto. O uso de IA em parasitologia traz diversos benefícios e aplicações futuras. Por exemplo, a inteligência artificial pode ser usada para analisar grandes quantidades de dados com rapidez e precisão, o que pode ajudar a identificar padrões e tendências em infecções parasitárias. Os algoritmos de aprendizado de máquina, uma das técnicas de IA mais utilizadas atualmente, são eficientes a partir da taxa de aprendizagem que é um valor de constante usado no algoritmo *Stochastic Gradient Descent* (SGD). A taxa de aprendizagem afeta a velocidade em que o algoritmo atinge (converge para) os pesos ideais. No projeto em questão as taxas foram altas e eficientes, comprovando assim que a inteligência artificial pode ser usada na identificação de ovos de *Ascaris lumbricoides* em exames de fezes.

PALAVRAS-CHAVE: *Ascaris lumbricoides*, Inteligência artificial, Identificação.

ASCARIS LUMBRICOIDES EGG IDENTIFIER USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) has become an essential tool in image recognition and has the potential to revolutionize the field of parasitology. AI can be used to identify *Ascaris lumbricoides* eggs with high accuracy. This is important because identifying these eggs is crucial in diagnosing and treating this parasitic infection. *Ascaris lumbricoides*, popularly known as roundworm, is a nematode (nematelminthes), being a light-colored worm, with a cylindrical body and thinner extremities, which is usually between 15 and 30 cm long. This worm lays its eggs in the feces of patients who are infected by it. Ascariasis is the result of infestation with such roundworm. The use of AI in parasitology

brings several benefits and future applications. For example, artificial intelligence can be used to analyze large amounts of data quickly and accurately, which can help identify patterns and trends in parasitic infections. Machine learning algorithms, one of the most used AI techniques today, are efficient based on the learning rate, which is a constant value used in the Stochastic Gradient Descent (SGD) algorithm. The learning rate affects the speed at which the algorithm reaches (converges to) the optimal weights. In the project in question, the rates were high and efficient, thus proving that artificial intelligence can be used to identify *Ascaris lumbricoides* eggs in fecal tests.

KEYWORDS: *Ascaris lumbricoides*, Inteligência artificial, Identificação.

INTRODUÇÃO

A falta de saneamento é um problema comumente referido no Brasil e contribui para o surgimento de morbidades e até fatalidades, especialmente das doenças associadas à populações de baixa renda como as parasitoses intestinais (PAIVA; SOUZA, 2018). No Brasil, a prevalência geral das enteroparasitoses é desconhecida, uma vez que essas doenças não são de notificação compulsória. O que se estima de prevalência decorre de estudos pontuais e de geo-helminthos associados aos estudos da esquistossomose. Estima-se então uma prevalência de 2 a 36% e que pode chegar a 70% nos indivíduos em idade escolar, o que revela um importante cenário de preocupação na saúde pública nacional (SILVA *et al.* 2011; SANTOS *et al.*, 2013; BRASIL, 2016).

A ascaridíase é uma das doenças tropicais negligenciadas (DTN) mais comuns, afetando mais de 12% da população mundial e sendo responsável por cerca de 60 mil mortes anuais (CORVINO; HORRALL, 2020; HOLLAND *et al.*, 2022). O *Ascaris lumbricoides* é um parasito do intestino delgado pertencente ao gênero de nematoides cilíndricos que se encontra no III clado do filo nematoda. O agente etiológico da ascaridíase é o helminto mais prevalente quando se trata de infecção em humanos (WANG; DAVIS, 2020).

Em casos onde a infecção for maciça podem ocorrer: A migração larvária, pode provocar pequenos focos hemorrágicos e de necrose, bem como reação inflamatória; em alguns casos pode haver aumento de volume do fígado; nos pulmões, principalmente em crianças, pode ocorrer sinais discretos de bronquite com estertores disseminados, a escuta de campos pulmonares. Em alguns casos, as lesões pulmonares chegam a ser graves, com quadro de broncopneumonia ou de pneumonia difusa bilateral, chegando a ser fatal em crianças com pouca idade; No intestino, podem se manifestar com: cólicas intermitentes, dor epigástrica e má digestão, náuseas, perda de apetite e emagrecimento, sensação de coceira no nariz, irritabilidade, sono inquieto e ranger dos dentes à noite; Há registros de apendicite aguda, invasão da vias biliares, pancreatite aguda, otites, obstrução do canal lacrimal e asfixia por obstrução traqueal (REY, 2010).

Segundo Oliveira, (2014) os dispositivos móveis têm sido alternativas viáveis em diversos sistemas de saúde e de controle epidemiológico. Os grupos de pesquisa *EpiSchito Risk Modeling and Discret Modelling and Simulation of Biological System* desenvolveram ferramentas de diagnóstico automático para doenças, incluindo a esquistossomose e malária.

Os mesmos autores supra citados também desenvolveram um sistema de detecção de parasitas de malária a baixo custo com dispositivos móveis, onde o estado da arte envolve duas grandes áreas do conhecimento: na área de computação e uma relacionada com saúde pública. O uso de técnicas de visão computacional e inteligência artificial foram os fundamentos teóricos do sistema de detecção de malária de baixo custo apresentado no referido trabalho. Sistemas de inteligência artificial são tecnologias promissoras de assistência em saúde e diagnóstico laboratorial, que podem ser implementados como métodos de suporte para o diagnóstico de parasitoses intestinais (CHIELLE, 2020).

Segundo Firmo (2019) é importante o uso de equipamentos que realizam a leitura automatizada das lâminas dos exames de fezes de indivíduos suspeitos de estarem infectados, adquirindo e armazenando fotos da lâmina. A partir do processamento digital dessas imagens, é utilizado um *software* de reconhecimento de padrões baseado em uma cascata de classificadores fracos. Esses classificadores fracos são formados por características de Haar compondo um único classificador forte capaz de reconhecer e contar os ovos de *S. mansoni* e principais helmintos. O sistema utilizado obteve acurácia de 87% na detecção e contagem dos ovos dos parasitas.”

Em uma publicação no Jornal da Unicamp afirmou-se que: [...] “A primeira grande vantagem de incluir a computação na análise de imagens é tentar superar a fadiga do ser humano. O computador é rápido e preciso em termos de reprodutibilidade. Sem aprendizado, este sempre vai fazer a mesma análise e dar o mesmo resultado para a mesma imagem, mesmo que esteja errado” (LAURETTI, 2017).

Uma análise laboratorial é composta por três fases: fase pré-analítica, analítica e pós analítica. As três fases laboratoriais são de extrema importância para a qualidade do resultado entregue. Qualquer erro nessas fases impacta em custos, qualidade de resultados e leva a erros na decisão médica, que em 70% dos casos é baseada em exames laboratoriais (ADMIN, 2022).

Em função do exposto acima, este projeto se faz necessário para compreender a importância da identificação dos ovos de *Ascaris lumbricoides* e como um sistema de inteligência artificial será qualificado para identificar com rapidez, facilitando assim a rotina laboratorial.

O objetivo principal deste trabalho é propor um modelo que utiliza Redes Neurais Convolucionais que seja capaz de classificar se há a presença ou não de ovos de *Ascaris lumbricoides* em um material fecal, de modo que o mesmo seja utilizado por profissionais da saúde, os auxiliando na tomada de decisão em diagnósticos de doenças parasitárias.

MATERIAIS E MÉTODOS

No Laboratório de Análises Clínicas e Microbiologia da Escola Funec, unidade CENTEC, localizada em Contagem, Minas Gerais, durante o ano de 2023, conduziu-se uma pesquisa para desenvolver um identificador de ovos de *Ascaris lumbricoides* utilizando inteligência artificial (IA). Para esta pesquisa, foram coletadas amostras de fezes contendo e não contendo ovos deste parasita.

Os equipamentos utilizados foram cuidadosamente selecionados para atender às necessidades do estudo. Um *notebook Samsung Book*, fabricado em 2021, equipado com um processador Intel Core i7, 16 GB de memória RAM e um SSD de 512GB, foi

empregado para o processamento de dados. O sistema operacional *Windows 10* e o *software* estatístico *R* versão 4.0.2 foram utilizados para análises estatísticas e visualizações de dados.

Um microscópio binocular modelo K55-BA da linha OLEN da empresa Kasvi, fabricado em 2018, foi utilizado para a observação detalhada das amostras de fezes. Este microscópio possui objetivas acromáticas que oferecem ampliação de até 1600x, garantindo visualização precisa das amostras.

Para a captura de imagens e coleta de dados durante o estudo de campo, um *smartphone Samsung A31*, fabricado em 2020, foi empregado. Equipado com um processador Octa-Core, 6 GB de RAM e sistema operacional Android 10, o dispositivo permitiu a captura de imagens de alta qualidade das amostras, bem como o registro de observações relevantes para o estudo.

Além disso, foi utilizado um dispositivo de captura de imagens de alta resolução, como uma câmera digital, para adquirir imagens das amostras de fezes contendo ovos de *Ascaris lumbricoides*. Este componente foi crucial para garantir a qualidade das imagens e, conseqüentemente, a precisão do processo de identificação.

O processo de identificação de ovos de *Ascaris lumbricoides* envolveu um módulo de pré-processamento de imagem, responsável por realizar operações como normalização de cores, filtragem de ruído e realce de bordas para otimizar a qualidade das imagens. Um modelo de aprendizado de máquina, baseado em uma rede neural convolucional, foi treinado com uma base de dados extensa de imagens anotadas de ovos de *Ascaris lumbricoides*. Esse modelo apreendeu padrões distintivos associados aos ovos, permitindo a identificação eficaz em novas amostras.

Finalmente, um algoritmo de identificação baseado em inteligência artificial utilizou as informações fornecidas pelo modelo de aprendizado de máquina para analisar as imagens pré-processadas e identificar a presença de ovos de *Ascaris lumbricoides*. Esse processo foi conduzido de maneira eficiente e automatizada, garantindo resultados rápidos e confiáveis.

A criação da rede neural foi viabilizada através da programação em *Python* e do ambiente de desenvolvimento *PyCharm*. *Python* é uma linguagem de programação amplamente utilizada em diversas aplicações, incluindo ciência de dados e aprendizado de máquina (ML), devido à sua eficiência, facilidade de aprendizado e capacidade de execução em várias plataformas. O *PyCharm*, desenvolvido pela *JetBrains*, é uma ferramenta multiplataforma que oferece recursos como análise de código, depuração gráfica e auto completação de código, facilitando o processo de escrita de código.

O processo de criação da rede neural seguiu os seguintes passos:

1. **Instalação do aplicativo IVcam** e conexão do celular *Samsung A31* com o *notebook Samsung Book*: O primeiro passo envolveu a instalação do aplicativo *IVcam* tanto no *smartphone Samsung A31* quanto no *notebook Samsung Book*. Em seguida, realizou-se a conexão entre os dois, permitindo assim a transmissão da imagem da câmera do celular para o sistema.
2. **Execução do Código no PyCharm**: Com a conexão estabelecida, o código previamente criado no aplicativo *PyCharm* é executado, dando início ao sistema.
3. **Treinamento da Rede Neural**: O treinamento da rede neural é realizado apontando a câmera do *smartphone Samsung A31* para o microscópio binocular modelo K55-BA, que já está focalizado na ampliação de 40x na placa contendo ovos de *Ascaris*

lumbricoides e outros parasitas. Durante o treinamento, as teclas "1" e "2" são pressionadas para indicar a presença ou ausência de *Ascaris lumbricoides*, respectivamente. Um número significativo de imagens é coletado para o treinamento.

Ao pressionar a tecla "t", o sistema inicia o treinamento da rede neural em cinco camadas de 100 neurônios. Durante o treinamento, são exibidos indicadores de *loss* (erro) e *accuracy* (acertos), sendo ideal que o valor de *loss* seja o mais baixo possível para determinar a eficiência do treinamento.

4. Identificação de Ovos de *Ascaris lumbricoides*: Após o treinamento, a identificação dos ovos de *Ascaris lumbricoides* é realizada pressionando a tecla "p". O sistema fornece o resultado "SEM ASCARIS" se a imagem enviada não contiver ovos de *Ascaris lumbricoides* ou "COM ASCARIS" se os ovos estiverem presentes.

5. Encerramento do Sistema e Armazenamento de Imagens: Para encerrar o sistema e enviar todas as imagens para uma pasta denominada "FotoLira", basta pressionar a tecla "enter". Isso confirma a identificação dos ovos de *Ascaris lumbricoides* através da inteligência artificial.

6. Preparação das lâminas contendo ou não *Ascaris lumbricoides*

Para preparar as lâminas foi necessário:

1. Tomar 2 a 4 gramas de fezes e desmanchar em frasco de borrel contendo água com auxílio de um bastão de vidro ou plástico;
2. Coar a emulsão por meio de gaze dobrada em quatro ou uma tela de plástico ou metal limpa, para dentro de um cálice de sedimentação cônico;
3. Completar o volume do cálice acrescentando mais água e misturando bem o conteúdo;
4. Deixar sedimentar por duas horas;
5. Com uma pipeta Pasteur, retirar pequena amostra de sedimento do vértice do cálice, colocá-la sobre uma lâmina e cobrir com lamínula. Não foi necessário corar os ovos pois não houve Interesse em reconhecer cistos de protozoários

Esses passos garantem um processo eficiente de treinamento e identificação de ovos de *Ascaris lumbricoides* utilizando inteligência artificial.

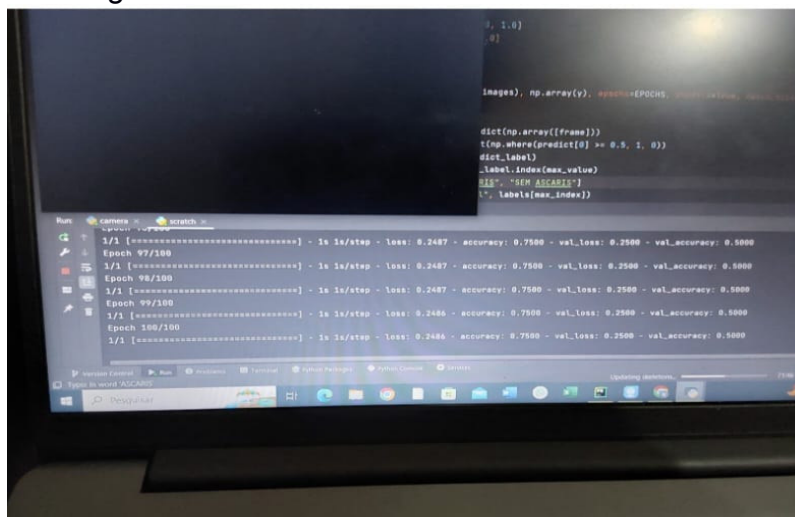
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 demonstra a quantidade de treinamento e a porcentagem de acertos na identificação. Foram feitos treinamentos para o programa armazenar as imagens de ovos de *Ascaris lumbricoides* (FIG 1), Treinamento para o programa armazenar as imagens sem ovos de *Ascaris lumbricoides* (FIG 2) e Treinamento para o programa diferenciar as imagens com e sem ovos de *Ascaris lumbricoides* (FIG 3). Na tabela 1 estão demonstrados os treinamentos realizados.

TABELA 1 - Demonstra a quantidade de treinamento e a porcentagem de acerto na identificação.

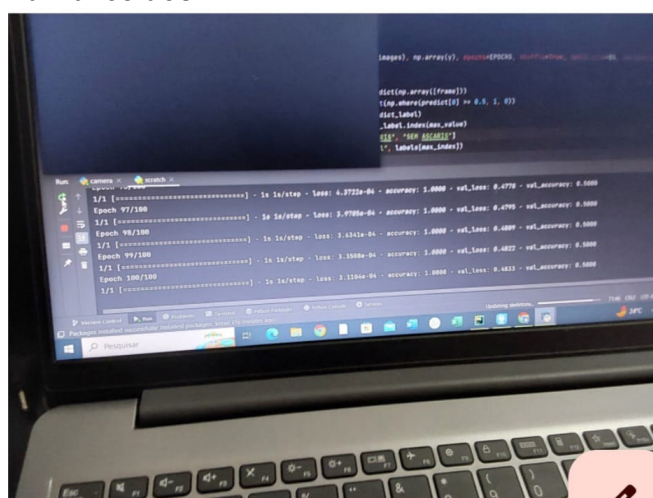
treinamento	Números ideais de acertos (<i>accuracy</i>)	Número de acertos (val. <i>accuracy</i>)	Porcentagem
1° treinamento	1.0000	0.6667	66, 7%
2° treinamento	0.7500	0.5000	66, 6%
3° treinamento	1.0000	0.9500	95%

FIGURA 1 - Treinamento para o programa armazenar as imagens de ovos de *Ascaris lumbricoides*



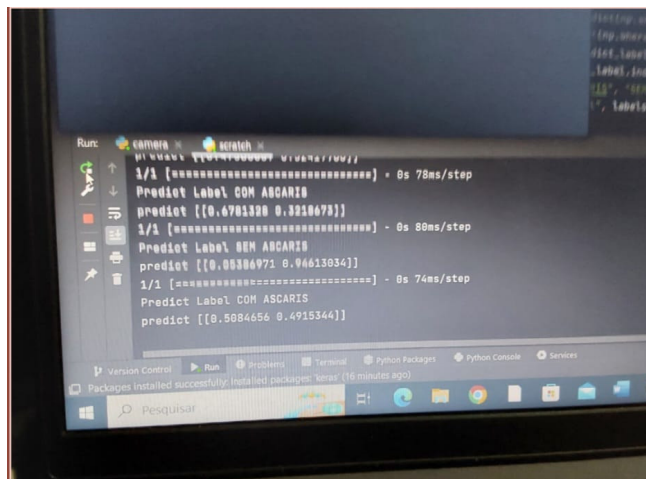
Fonte: Autores (2024)

FIGURA 2 - Treinamento para o programa armazenar as imagens sem ovos de *Ascaris lumbricoides*



Fonte: Autores (2024)

FIGURA 3 - Treinamento para o programa diferenciar as imagens com e sem ovos de *Ascaris lumbricoides*



Fonte: Autores (2024)

O projeto em questão soluciona a problemática das infecções parasitárias utilizando a inteligência artificial (IA), aproveitando sua capacidade de analisar grandes quantidades de dados com rapidez e precisão (“A inteligência artificial chega à saúde”, [s.d.]). Isso é especialmente útil para identificar padrões e tendências em infecções parasitárias e para auxiliar no diagnóstico laboratorial de parasitoses intestinais, com alta sensibilidade e especificidade. Os algoritmos de aprendizado de máquina, uma das técnicas de IA mais utilizadas atualmente, são capazes de identificar padrões em grandes conjuntos de dados (“Inteligência artificial na saúde: o que é, benefícios e como aplicar”, 2023) como no caso em questão com amostras de fezes, permitindo interpretações mais precisas e rápidas dos resultados.

A Tabela 1 revela que, com o aumento do treinamento, a porcentagem de acertos dos algoritmos aumenta, tornando o programa mais eficiente a cada novo ciclo de treinamento. Em comparação com o modelo multiclasse de Oliveira (2022), que atingiu aproximadamente 100% de acurácia, acredita-se que, se a amostra contiver realmente um ovo de helminto, o modelo será capaz de classificá-lo corretamente. Caso a amostra contenha apenas sujeiras ou impurezas, o modelo enviará uma mensagem no programa, indicando a ausência de parasitas.

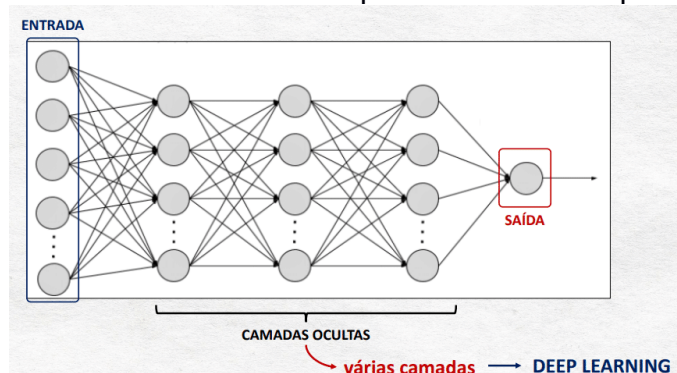
Esses algoritmos têm a capacidade de aprender com os resultados de exames anteriores e melhorar sua precisão à medida que são alimentados com mais dados (ALVES, [s.d.]). O programa foi baseado em código *python*. *Python* é uma linguagem de programação para propósitos diversos (GPL) que roda em basicamente qualquer arquitetura de sistema e pode ser usada para um leque enorme de aplicações em diferentes áreas, desde o desenvolvimento *web* até o aprendizado de máquina. Além de ser versátil, o *Python* também é amigável para iniciantes. Por esses e outros fatores, trata-se de uma das linguagens de programação mais populares do mundo (SANTANA, 2022).

Foi utilizado também interpretador *pycharm* que é uma IDE (ambiente de desenvolvimento integrado) que nada mais é do que um *software* que ajuda no

desenvolvimento de aplicações, neste caso *Python* (CATUNDA, 2021). Juntando estes dois programas criou-se a rede neural que é um modelo de aprendizado de máquina (Figura 4) que simula o funcionamento do cérebro humano, composto por uma série de neurônios interconectados que processam informação e a transmitem por meio de conexões ponderadas (EBAC, 2023).

O processo inicia-se na camada de entrada, onde a rede recebe informações ou solicitações. Essa camada converte essas informações em um formato numérico compreensível para a máquina. Os dados são então transmitidos para as camadas ocultas, onde são processados por neurônios. Cada neurônio nessas camadas realiza cálculos com base em fórmulas predefinidas. Apesar de terem múltiplas conexões de saída, os neurônios produzem apenas um valor (GRÜBLER, 2018).

FIGURA 4 – Modelo de aprendizado de máquina



Fonte: hashtag treinamentos (2023)

O tipo de rede neural utilizada foi a rede convolucional que é especializada em processar dados com a estrutura de grade, como imagens e vídeos. É baseada em dados de treinamento e extrai automaticamente as características que serão usadas para classificar objetos (EBAC, 2023). Este conjunto de dados utilizado na rede neural consiste em 60.000 imagens de treinamento e 10.000 imagens de teste, o que o torna ideal para quem precisa experimentar o reconhecimento de padrões, pois ele é executado em apenas um minuto (PERES, 2021).

Como parâmetro para avaliar se a rede neural está realmente identificando foi utilizado a *accuracy* (acurácia) e *loss* (função de perda). Acurácia é uma métrica de avaliação muito popular para descobrir a performance de um modelo de *machine learning* em uma tarefa de classificação. É de costume pensar nesta como “taxa de acerto” do modelo. Esta é calculada dividindo o número de previsões corretas pelo número total de previsões (FILHO, 2023).

$$Acurácia = \frac{Previsões\ Corretas}{Total\ de\ Previsões}$$

Loss mede o nível de infelicidade com o trabalho sendo feito, ou seja, se o algoritmo estiver muito ruim, seu valor será alto. Basicamente, o que ocorre é comparar as pontuações da categoria certa com as outras e com isso determinar o quão bom está o resultado (NISHIMOTO, 2018).

Os processos de detecção precoces e corretos diagnósticos das parasitoses dependem, dentre outros fatores, do raciocínio e experiência de profissionais de saúde. Nesse contexto, o uso de técnicas computacionais no diagnóstico estruturado com IA torna-se uma ferramenta importante que poderá ajudar os profissionais de saúde e especialmente os pacientes, melhorando e acelerando o diagnóstico (HANNOON; MAHMOOD, 2023). O processo da identificação geralmente leva de 10 a 100 milissegundos por imagem.

Comparando o método tradicional para o método que foi proposto pode-se observar que o método tradicional de identificação de ovos de *Ascaris lumbricoides* geralmente envolve a observação microscópica manual das fezes para detectar a presença dos ovos. Esse processo é demorado, requer habilidades especializadas e pode estar sujeito a erros humanos. Em contraste, o método de identificação através da inteligência artificial (IA) utiliza algoritmos computacionais para analisar imagens microscópicas de ovos. Isso acelera significativamente o processo de detecção e reduz a dependência de habilidades especializadas, melhorando a eficiência e a precisão do diagnóstico (OLIVEIRA, 2022).

Alguns estudos têm demonstrado que sistemas de IA podem até superar os profissionais no diagnóstico de enfermidades específicas. Um estudo publicado em *Annals of Oncology Scientific Journal*, por Mar e Soyer, com participação de cientistas da França e Estados Unidos, mostrou que patologistas detectam com precisão 86,6% de melanomas, enquanto um sistema de IA obteve acerto em 95% dos casos (MAR; SOYER, 2018).

Na área da saúde, a ferramenta contribui com atendimentos e diagnósticos mais rápidos e precisos, reduzindo custos e melhorando a experiência de pacientes e de profissionais. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a IA é uma grande promessa para melhorar a prestação de serviços de saúde em todo o mundo, que pode ser utilizada para melhorar a velocidade e a precisão do diagnóstico e da triagem de doenças, auxiliar no atendimento clínico e fortalecer a pesquisa em saúde, bem como o desenvolvimento de medicamentos. Ainda de acordo com a organização, a IA também pode apoiar diversas ações de saúde pública, como vigilância de doenças e gestão de sistemas (ALVES, [s.d.]).

Esse tipo de procedimento tem potencial de reduzir vários custos, como por exemplo o de transporte de material, evitando a perda de amostras, e também garantindo a realização de um diagnóstico mais rápido e assertivo (ATUN, 2015; GUNKEL, 2017).

CONCLUSÃO

A partir do exposto acima, conclui-se que foi possível realizar o objetivo do projeto que é realizar um modelo que utiliza Redes Neurais Convolucionais que seja capaz de classificar se a presença ou não de ovos de *Ascaris lumbricoides*, de modo que o mesmo seja utilizado por profissionais da saúde, os auxiliando na tomada de decisão em diagnósticos de doenças parasitárias, visando a melhor qualidade de vida

dos pacientes. Sendo assim esse projeto pode ser implantado em laboratórios de análises de fezes, e a partir do mesmo pode-se fazer outras identificações de parasitoses intestinais.

Outros estudos com IA que podem ajudar nos avanços da saúde são implementação de sistemas de IA para análise de imagens médicas, como tomografias e radiografias, ajudando na detecção precoce de doenças e a utilização de dispositivos vestíveis conectados a plataformas de IA para monitorar continuamente pacientes com doenças crônicas e fornecer alertas em tempo real.

REFERÊNCIAS

ADMIN. **Erros pré-analíticos - conheça os principais e saiba como evitar.** 2022. Disponível em: https://firstlab.ind.br/erros-pre-analiticos/?gclid=EAlaIqobChMlle_U0qXChgMVmUhIAB2uuD2gEAAYASAAEgK39_D_BwE . Acesso em 15/04/2024

A inteligência artificial chega à saúde. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-inteligencia-artificial-chega-a-saude/>. Acesso: 21 de maio de 2024

ALVES, B. / O. / O.-M. **Revolução da inteligência artificial: uso na saúde traz novas possibilidades | Biblioteca Virtual em Saúde MS.** Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/revolucao-da-inteligencia-artificial-uso-na-saude-traz-novas-possibilidades/>. Acesso: 11 de maio 2024

ATUN, R. **Transitioning health systems for multimorbidity.** 2015 Aug 22;386(9995):721-2. doi: 10.1016/S0140-6736(14)62254-6. Epub 2015 Jun 7.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos –2016.** Brasília: SNSA/MCIDA

CATUNDA, H.; **PyCharm - Como Instalar e Configurar para Programar em Python?** 2021. Disponível em: https://www.hashtagtreinamentos.com/pycharm-python?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLN3bXJzrxE3_R5MzdqQFavR36r_FNjBK-xRY1Fv_i1M4sE2NlcYgGlaAsgkEALw_wcB. Acesso em: 17 maio. 2024.

CHIELLE, E. O.; Desenvolvimento de sistema estruturado com inteligência artificial para apoio no diagnóstico de parasitoses intestinais. **Clinical and Biomedical Research**, v. 40, n. 3, 2020.

CORVINO, D. F. L.; HORRALL, S. **Ascariasis.** Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430796/>. Acesso: 13 de maio de 2024

EBAC - Escola Britânica de Artes criativas & tecnologia; **O que é uma rede neural e como ela funciona?**, 2023. Disponível em: <<https://ebaonline.com.br/blog/rede-neural-seo>>. Acesso em: 16 maio. 2024.

FILHO, M. **O Que É Acurácia Em Machine Learning?** 2023. Disponível em: <<https://mariofilho.com/o-que-e-acuracia-em-machine-learning/#:~:text=Acur%C3%A1cia%20%C3%A9%20uma%20m%C3%A9trica%20de>>. Acesso em: 17 maio. 2024.

FIRMO, A. C. A.; **Pickcells-desenvolvimento de uma solução automatizada para a realização de diagnósticos parasitológicos.** Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/36066>>. Acesso em: 12 maio. 2024.

GUNKEL, D.J.; Comunicação e inteligência artificial: novos desafios e oportunidades para a pesquisa em comunicação. **Galáxia**. V.34, p.:5-19, 2017.

GRÜBLER, M.; **Entendendo o funcionamento de uma Rede Neural Artificial.** 2018. Disponível em: <<https://medium.com/brasil-ai/entendendo-o-funcionamento-de-uma-rede-neural-artificial-4463fcf44dd0>>.

HANNOON, A.; MAHMOOD, A.; **Artificial Intelligence, Internet of Things, and Society** 5.0. [s.l.] Springer Nature, 2023.

HOLLAND, C.; SEPIDARKISH, M.; DESLYPER, G.; ABDOLLAHI, A.; VALIZADEB, S.; *et al.*; Global prevalence of Ascaris infection in humans (2010–2021): a systematic review and meta-analysis. **Infectious diseases of poverty**, v. 11, n. 1, 2022.

Inteligência artificial na saúde: o que é, benefícios e como aplicar. Disponível em: <<https://www.officetotal.com.br/blog/inteligencia-artificial-saude/>>. Acesso: 21 de maio de 2024

LAURETTI, P.; **“Método automatiza detecção de parasitos em exame de fezes”.** Jornal UNICAMP, 2017. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2017/05/11/metodo-automatiza-deteccaode-parasitos-em-exame-de-fezes>. Acesso: 21 de abril de 2023.

MAR, V.J.; SOYER, P.H.; Artificial intelligence for melanoma diagnosis: how can we deliver on the promise? *Annals of Oncology*, v.29, 2018. DOI: <https://doi.org/10.93/annonc/mdy193>. Disponível em: <https://www.annalsofoncology.org/action/showPdf?pii=S0923-7534%2819%2934114-6>

NISHIMOTO, B. E.; **Principais conceitos por trás do Machine Learning.** 2018. Disponível em: <<https://medium.com/neuronio-br/principais-conceitos-por-tras-do-machine-learning-a4b942d5d309>>. Acesso em: 17 maio. 2024.

OLIVEIRA, A.D.; Malaria System: uma ferramenta para diagnóstico automático de malária em dispositivos móveis. Ufrpe.br, 2014. Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/6717>>. Acesso em 11 de maio de 2023

OLIVEIRA, B. A. S.; Sistema de diagnóstico da esquistossomose a partir de imagens microscópicas preparadas com a técnica Kato-Katz. repositorio.ufmg.br, 24 mar. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/44320>. Acesso: 21 de abril de 2023

PAIVA, R.F.P.S.; SOUZA, M.F.P.; Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, e00017316, 2018.

PERES, L.; **Aprenda a Criar e Treinar Uma Rede Neural Convolucional (CNN)**. 2021. Disponível em: <<https://www.insightlab.ufc.br/aprenda-a-criar-e-treinar-uma-rede-neural-convolucional-cnn/>>. Acesso 18 de abril de 2023

REY, L.; **Bases da parasitologia médica**. Rio De Janeiro (Rj): Guanabara Koogan, 2010.

Redes Neurais e Deep Learning - Aprenda o que são ainda Hoje! 2023. Disponível em: <<https://www.hashtagtreinamentos.com/redes-neurais-e-deep-learning-ciencias-dados>>. Acesso: 11 de maio de 2024

SANTANA, B.; **O que é Python: Conheça Uma das Linguagens de Programação mais Populares do Mundo**. 2022. Disponível em: <https://www.hostinger.com.br/tutoriais/python-o-que-e>. Acesso em 12 de maio de 2024

SANTOS, A.M.A.; MEDEIROS, Z.; BONFIM, C.; ROCHA, A.C.; BRANDÃO, E.; *et al.*; Avaliação epidemiológica de doenças negligenciadas em escolares: filariose linfática e parasitoses intestinais. **Jornal de Pediatria**., Porto Alegre, v. 89, n. 3, p. 250-255, jun/2013.

SILVA, J.C.; FURTADO, L.F.V.; FERRO, T.C.; BEZERRA, K.C.; BORGES, E.P.; *et al.*; Parasitismo por *Ascaris lumbricoides* e seus aspectos epidemiológicos em crianças do Estado do Maranhão. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** , Uberaba, v. 44, n. 1, p. 100-102, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0037-86822011000100022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsbmt/a/cRnWV3NZQd4FZDqc8krxm4N/>. Acesso em: 15 de maio de 2024

WANG, J.; DAVIS, R. E.; **Ascaris**. **Current biology**: CB, v. 30, n. 10, p. R423–R425, 2020.