



USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA DOCÊNCIA DE MEDICINA

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICAL TEACHING

Eurípedes Barsanulfo Borges dos Reis¹, Paola Cristina Ferreira Santos¹, Aline Macedo La Ruina Doering¹, Ana Cecília Ferreira Monteiro¹, Marcus Vinícius Ferreira Cunha¹, Paulo Advincula da Cunha¹.

RESUMO

Objetivo: Explorar o uso da Inteligência Artificial (IA) na educação médica, destacando suas vantagens, desafios e impactos no processo de ensino. **Métodos:** Foi realizada uma revisão de literatura em bases como *Medline*, *Scopus* e *Web of Science*, utilizando palavras-chave como “Inteligência Artificial” e “Educação Médica”. Os estudos foram avaliados criticamente com base em sua relevância. **Resultados:** A IA oferece várias vantagens para a educação médica, incluindo maior precisão e eficiência nos diagnósticos, ensino a distância e plataformas de simulação. Essas tecnologias proporcionam avaliação automatizada e melhoram o aprendizado dos estudantes. Contudo, os desafios incluem a necessidade de infraestrutura tecnológica avançada, questões de privacidade de dados e a possível diminuição da reflexão dos alunos devido ao uso excessivo de IA. **Conclusões:** Apesar dos desafios, a IA tem grande potencial para transformar a educação médica, tornando o ensino mais acessível e eficaz. Para que esse impacto seja positivo, é necessário superar as barreiras tecnológicas e éticas. As percepções dos futuros médicos mostram uma atitude favorável em relação à IA e suas promessas para a medicina.

Descritores: Educação Médica, Inteligência Artificial, Simulação, Ensino a Distância, Avaliação Automatizada.

ABSTRACT

Objective: To explore the use of Artificial Intelligence (AI) in medical education, highlighting its advantages, challenges, and impacts on the teaching process. **Methods:** A literature review was conducted in databases such as *Medline*, *Scopus*, and *Web of Science*, using keywords such as “Artificial Intelligence” and “Medical Education”. The studies were critically evaluated based on their relevance. **Results:** AI offers several advantages for medical education, including greater accuracy and efficiency in diagnostics, distance learning, and simulation platforms. These technologies provide automated assessment and improve student learning. However, challenges include the need for advanced technological infrastructure, data privacy concerns, and the potential reduction of student reflection due to excessive reliance on AI. **Conclusions:** Despite the challenges, AI has great potential to transform medical education, making teaching more accessible and effective. For this impact to be positive, it is necessary to overcome the technological and ethical barriers. Future physicians' perceptions show a favorable attitude towards AI and its promises for medicine.

Keywords: Medical Education, Artificial Intelligence, Simulation, Distance Learning, Automated Assessment.

1. Docente da Faculdade Morgana Potrich (FAMP), Brasil.

*Autor para Correspondência: euripedesborges@fampfaculdade.com.br





INTRODUÇÃO

O termo inteligência artificial (IA) foi criado por John McCarthy em 1955 (McFadden, et al., 2006). Desde então, a IA avançou significativamente, especialmente com o surgimento de novos algoritmos, como o machine learning (ML) e seus subconjuntos. A IA é interpretada de diversas maneiras: uma definição comum a descreve como sistemas capazes de realizar funções humanas ou auxiliar na sua execução, por meio de habilidades como aprendizado, comunicação, processamento de informações e indução (Lee; Wu; Li, 2021).

Outra definição destaca a IA como a habilidade das máquinas de replicar e executar tarefas cognitivas, como reconhecimento de fala e imagens. Em resumo, IA envolve modelos que utilizam grandes volumes de dados atuais para prever padrões e tendências futuras (LeCun; Bengio; Hinton, 2015).

No campo da saúde, os produtos baseados em IA têm um papel crucial. A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera essas tecnologias essenciais para garantir que mais de um bilhão de pessoas tenham acesso a serviços médicos adequados, como cobertura de saúde, atendimento emergencial e melhores condições de tratamento (Kolachalama, 2022).

A IA auxilia os profissionais de saúde no diagnóstico de doenças, raciocínio clínico, análise de dados e na tomada de decisões clínicas mais informadas. Hoje, suas aplicações se expandem para além da radiologia e patologia, abrangendo especialidades como reumatologia, neurologia, endocrinologia, oftalmologia, ortopedia e cirurgia, todos temas relevantes na pesquisa médica (Zarei, 2023).

A educação médica inclui diferentes níveis, desde a graduação até a educação médica continuada (EMC), passando pela pós-graduação e especializações. Embora a IA tenha sido amplamente integrada na prática médica, seu uso na educação médica só começou a ganhar espaço na década de 1980 (Lillehaug; Lajoie, 1998). Devido à crescente presença da IA na medicina, métodos educacionais voltados para essa área precisaram ser desenvolvidos. Nos últimos 40 anos, e especialmente nas últimas duas décadas, o uso de IA na educação médica cresceu consideravelmente, o que pode ser observado pelo aumento no número de publicações científicas sobre o tema (Zarei, 2023).

As tecnologias de IA têm muitas aplicações na medicina, especialmente no que diz respeito à análise e síntese de grandes volumes de informações, o que reflete diretamente na educação médica. Para utilizar essas tecnologias de maneira eficaz, é essencial entender tanto os benefícios quanto as limitações da IA no ensino da medicina (Kolachalama; Garg, 2018).

Este artigo busca fornecer uma análise prática e abrangente sobre as vantagens, desafios e soluções relacionadas ao uso da IA na educação médica.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão de literatura para identificar os estudos, artigos e documentos mais recentes disponíveis nos bancos de dados *Medline* (via *PubMed*), *Scopus* e *Web of Science*. Para a busca, foram utilizadas as palavras-chave “Inteligência Artificial”; “IA”; “Docência Médica” e “Estudantes de medicina”; sem restrições de data ou idioma, até setembro de 2024. O *Google Scholar* também foi consultado para garantir a inclusão de todos os materiais relevantes. Os registros foram analisados e avaliados de forma crítica com base em sua relevância para o tema. Portanto trata-se de um artigo construído a partir do método qualitativo e objetivo descritivo.

RESULTADOS

Como explica Mahdi Zarei (2023), nos últimos 40 anos, e especialmente nas últimas duas décadas, o uso de IA na educação médica cresceu consideravelmente. Destacam Kaul, Eslin e Gross (2020) que a medicina demorou a adotar a IA, embora o primeiro braço robótico industrial estivesse na linha de montagem da General Motors desde 1961, realizando fundição automatizada, somente em 1973, esforços voltados à IA foram implantados na Medicina. Foi quando a Universidade de *Stanford* lançou o *Stanford University Medical Experimental – Artificial Intelligence in Medicine*, um sistema de computador compartilhado em tempo real, que aprimorou as capacidades de rede entre pesquisadores clínicos e biomédicos de várias instituições.

Como resultado dessas colaborações, o primeiro workshop AIM (*Artificial Intelligence in Medicine*) patrocinado pelo *National Institutes of Health* foi realizado na Rutgers University ocorreu 1975 (Kulikowski, 2019). Um dos primeiros protótipos usou o modelo CASNET, demonstrando a viabilidade da aplicação de IA à medicina com o desenvolvimento de um programa de consulta para glaucoma. O CASNET é um sistema que pode aplicar informações sobre uma doença específica a pacientes individuais e fornecer aos médicos conselhos sobre o gerenciamento de pacientes, desenvolvido na *Rutgers University*, em 1976 (Weiss et al., 1978).

Mas somente em 1986 é que surge um sistema capaz de realizar diagnósticos referenciais a partir de sintomas inseridos, quando o DXplain, um sistema de suporte à decisão, é lançado pela Universidade de Massachusetts. Ele também serve como um livro-texto médico eletrônico, fornecendo descrições detalhadas de doenças e referências adicionais (Amisha, et al. 2019).

Avançando no tempo, a grande revolução em IA na Medicina surge em 2007, quando a IBM lança um sistema de perguntas e respostas de domínio aberto, chamado Watson. Em contraste com os sistemas tradicionais que usavam raciocínio direto (seguindo regras de dados para conclusões),



raciocínio reverso (seguindo regras de conclusões para dados) ou regras *if-then* artesanais, essa tecnologia, chamada DeepQA, usava processamento de linguagem natural e várias pesquisas para analisar dados sobre conteúdo não estruturado para gerar respostas prováveis, baseadas em evidências. Além disso, era mais fácil de manter e mais econômico (Ferrucci et al., 2013). Um grande feito do *IBM Watson* foi identificar com sucesso novas proteínas de ligação ao RNA que foram alteradas na esclerose lateral amiotrófica (Bakkar, et al., 2018).

Vantagens do uso da IA na docência médica

A aplicação de IA à imagem médica foi sugerida para melhorar a precisão, consistência e eficiência nos relatórios. A *Arterys* se tornou o primeiro aplicativo clínico baseado em nuvem aprovado pela *Food and Drug Administration* dos EUA em assistência médica em 2017. O primeiro produto da *Arterys*, Cardio AI, foi capaz de analisar imagens de ressonância magnética cardíaca em questão de segundos, fornecendo informações como fração de ejeção cardíaca. Desde então, esse aplicativo se expandiu para incluir imagens de fígado e pulmão, imagens de raios-X de tórax e musculoesqueléticas e imagens de TC de cabeça sem contraste (Kaul; Eslin; Gross, 2020).

A aplicação da IA em gastroenterologia expandiu-se muito na última década. O diagnóstico assistido por computador pode ser aplicado à colonoscopia para melhorar a detecção e diferenciação entre pólipos de cólon benignos e malignos. Ao usar a plataforma EUS, a IA tem sido usada para ajudar a diferenciar a pancreatite crônica de câncer de pâncreas, um desafio clínico comum (Zhu et al., 2013). A endoscopia assistida por IA é um campo em evolução com um futuro promissor.

As aplicações iniciais incluíram diagnóstico auxiliado por computador (CAD ou *Computer Aided Diagnostic*) para a detecção, diferenciação e caracterização de pólipos de cólon neoplásicos e não neoplásicos (Hoogenboom; Bagci; Wallace, 2020).

Para Gan, Sha e Wang (2019), o uso de IA na educação médica está intimamente ligado ao aumento da aplicação da realidade virtual (RV), sendo que está podendo revolucionar áreas como anatomia e cirurgia, oferecendo soluções inovadoras, eficientes e econômicas, que aceleram o aprendizado dos estudantes.

Para Walkowski et al. (2015), a IA pode reduzir o tempo e os custos dos processos de avaliação, tanto formativa quanto somativa, além de oferecer feedback personalizado aos alunos, enriquecendo suas experiências de aprendizado. Os *Whole Slide Images* (WSI) ou Imagens de Slides Inteiros são uma tecnologia particularmente útil na educação. A representação digital de slides histológicos pode ser utilizada não apenas no processo de ensino, mas também em exames.

Os pesquisadores McFadden e Crim (2016) testaram simuladores de ambientes clínicos baseados em IA, treinando on-line com uma atividade baseada em multimídia, suplementada com oportunidades de prática interativa e feedback fornecido por um tutor orientado por inteligência artificial. Os resultados indicaram que tais ambientes permitem que os estudantes pratiquem o raciocínio médico em um espaço seguro, aprendendo com seus erros. Essas ferramentas podem aumentar a proficiência diagnóstica dos alunos em até 22%.

Para Paranjape et al. (2019), a aplicação de IA, como o ChatGPT, traz questões sobre a evolução do currículo de educação médica para incluir a IA e incentiva maior responsabilidade por parte dos departamentos educacionais. Os alunos e futuros profissionais já estão buscando a IA para lhes dar suporte, as instituições precisam se antecipar para evitar defasagem.

Por sua vez, Gaur et al. (2019) encontraram dados representativos de que a IA facilita o ensino a distância (inteligência artificial para aprendizado adaptativo, simulação virtual e telessaúde), tornando a educação médica mais acessível em áreas com poucos recursos ou regiões remotas. Em situações como a pandemia de COVID-19, essa vantagem permite a continuidade do aprendizado sem interrupções.

Brasil et al. (2019) trazem dados que demonstram que a IA também favorece estratégias de aprendizagem ativa, como o aprendizado baseado em problemas e em grupos, ajudando a identificar as necessidades dos alunos e tomar decisões pedagógicas mais informadas. Além disso, permite a disseminação de casos clínicos raros para um público maior, superando as limitações dos ambientes acadêmicos tradicionais. Neste modelo, o aprendizado é supervisionado: os dados são rotulados, ou seja, o algoritmo recebe os dados de entrada junto com os dados de destino correspondentes. A tarefa do algoritmo é então descobrir a relação entre entradas e alvos correspondentes. Tarefas de classificação (por exemplo, se uma radiografia de tórax corresponde ou não a um paciente com tuberculose) e regressão (por exemplo, prever o risco de câncer de mama a partir de uma imagem de ressonância magnética usando regressão logística) são exemplos de aprendizado supervisionado.

Resultados encontrados por Chen, Chen e Lin (2020), mostram que, com a IA, os alunos têm a possibilidade de aprender continuamente, 24 horas por dia, sem depender da presença de professores, através de métodos assíncronos, que se adaptam aos horários individuais, especialmente para aqueles em fases clínicas com cronogramas apertados. O uso de robôs humanoides e chatbots baseados na web pode ser utilizado para executar tarefas e funções dos instrutores de forma independente ou com instrutores.



Usando essas plataformas, os instrutores têm conseguido executar diferentes funções administrativas, como revisar e classificar as tarefas dos alunos de forma mais eficaz e eficiente, e alcançar maior qualidade em suas atividades de ensino.

Wijk et al. (2019) chegou a resultados que demonstram que a IA pode melhorar a avaliação das habilidades clínicas e diagnósticas dos estudantes ao revisar o currículo de maneira abrangente. Em vez de se basear apenas em modelos tradicionais de avaliação, a IA identifica desafios e propõe soluções eficazes, como demonstrado por Chen et al. (2020), que destacaram sua capacidade de avaliar a satisfação dos alunos e a eficácia curricular.

No entanto, Paranjape et al. (2019) entendem que a limitação de recursos financeiros, particularmente em países em desenvolvimento, é um obstáculo significativo na educação médica. Tecnologias baseadas em IA podem melhorar a qualidade do ensino de maneira econômica, reformulando currículos e adotando métodos inovadores de ensino sem grandes custos.

Desafios do uso da IA na docência médica

Conforme mencionado anteriormente, a integração de IA na educação médica se tornou mais comum devido à sua capacidade de melhorar e simplificar o processo de aprendizagem. No entanto, os desafios decorrentes do uso crescente de IA na educação médica devem ser reconhecidos e abordados para evitar que os benefícios potenciais sejam reduzidos e se tornem um risco.

Para Kolachalama e Garg (2018), observa-se que a implementação eficaz de métodos educacionais baseados em IA exige uma infraestrutura robusta, o que pode ser difícil em áreas com recursos limitados. Além disso, falhas técnicas desativam uma equipe de especialistas em IA, como profissionais com conhecimento em aprendizado de máquina, para garantir o bom funcionamento dessas ferramentas, algo difícil em contextos com poucos recursos. Em complemento, Mason e Bruning (2018) entendem que a colaboração entre engenheiros, médicos e especialistas em educação para a construção de sistemas informacionais funcionais e realistas, nem sempre é simples, devido à diferença de conhecimento entre as partes, tornando essa interação complexa e demorada.

Wartman e Combs (2019) destacam que, especialmente o aprendizado baseado em casos clínicos, envolve o uso de grandes quantidades de dados de pacientes, o que levanta questões sobre privacidade, segurança de dados, possíveis ataques cibernéticos e confidencialidade.

Segundo Mason e Bruning (2018), a IA tem o potencial de oferecer feedback rápido aos estudantes, uma rapidez excessiva pode comprometer a qualidade e a profundidade deste feedback, prejudicando a capacidade dos alunos de refletirem sobre seu processo de aprendizagem.

Por fim, afirmam Chan e Zary (2019), que avaliar o impacto dos métodos de IA na educação médica apresenta desafios metodológicos, como a necessidade de grandes amostras e a comparação com métodos tradicionais. A escalabilidade limitada de IA também é um obstáculo, já que muitos sistemas de IA são projetados para áreas específicas e não são facilmente adaptáveis a outros campos.

DISCUSSÃO

Conforme destaca Narayanan et al. (2023), a IA se tornou uma das áreas de foco para a atenção dos cientistas, e a convergência da IA com outros campos tornou-se uma tendência. O desenvolvimento da IA junto da educação médica foi bastante aprimorado na última década, especialmente após a COVID-19, com a mudança global para cursos e conferências online acelerando o desenvolvimento da IA. À medida que a tecnologia da IA amadurece, o mesmo acontece com o papel dos clínicos.

A atualização dos processos de tomada de decisão em ambientes de saúde, bem como a promulgação de padrões de gestão e processos de tomada de decisão baseados em IA, prenunciam a direção futura da IA, analisando grandes quantidades de dados para informar decisões diagnósticas e terapêuticas. Desde o final de 2022, o Chat GPT surgiu como um modelo de IA que interage de forma conversacional e, em apenas meio ano, tem sido amplamente utilizado em vários campos, especialmente no campo da educação. Embora ainda tenha muitas limitações, como erros nas respostas a algumas perguntas e corte de dados para o ano de 2021, isso ainda não impede seu grande potencial no futuro (Dumić-Čule et al., 2020).

Num estudo conduzido por Civaner, et al. (2022), examinou-se as percepções de futuros médicos sobre a possível influência da IA na medicina. Em geral, eles eram favoráveis e tinham grandes esperanças na IA na medicina. Eles viam a IA como uma ferramenta de assistência que pode melhorar o acesso dos médicos à informação, ajudar os médicos a fazer julgamentos clínicos mais precisos, minimizar erros médicos e melhorar o acesso dos pacientes aos cuidados de saúde.

CONCLUSÃO

A Inteligência Artificial (IA) tem emergido como uma aliada com grandes potencialidades no campo da educação médica, revolucionando tanto a prática clínica quanto o ensino. A aplicação da IA em imagens médicas, por exemplo, mostrou-se altamente eficaz em melhorar a precisão e a consistência dos relatórios diagnósticos. Esses avanços não apenas ajudam médicos a obter resultados mais rápidos, mas também proporcionam uma base mais sólida para decisões clínicas críticas, mostrando o impacto abrangente da IA em várias disciplinas médicas. No ensino, a IA também está promovendo uma grande transformação.



Simuladores de ambientes clínicos demonstraram que alunos treinados em ambientes virtuais têm uma melhoria significativa na proficiência diagnóstica. Isso permite que estudantes pratiquem raciocínio clínico em ambientes seguros, sem os riscos de um erro médico real. Além disso, sistemas de feedback personalizados agilizam o aprendizado, adaptando-se às necessidades individuais dos alunos e ajudando-os a progredir de maneira mais eficiente.

Porém, o impacto da IA na educação médica vai além da eficiência técnica. Ela facilita o aprendizado à distância e o ensino em áreas remotas, onde a educação superior é mantida por meio de plataformas digitais. Essa tecnologia promove o ensino inclusivo, onde os alunos podem aprender a qualquer hora, sem a necessidade da presença física de professores, através de métodos assíncronos que adaptam os horários às agendas individuais. A IA também tem mostrado ser uma ferramenta crucial para promover estratégias pedagógicas mais eficazes, como o aprendizado baseado em problemas e casos clínicos raros, tornando o processo de ensino mais dinâmico e acessível. As percepções de futuros médicos sobre a possível influência da IA na medicina demonstram que, em geral, eles são favoráveis e têm grandes esperanças nesta evolução.

No entanto, apesar dos inúmeros benefícios, a integração da IA na educação médica traz desafios significativos que não podem ser ignorados. Além da necessidade de infraestrutura tecnológica robusta, as questões éticas relacionadas à privacidade e segurança dos dados dos pacientes se destacam. A manipulação de grandes volumes de informações sensíveis, como em casos clínicos, levanta preocupações sobre ataques cibernéticos e a manutenção da confidencialidade. Além disso, o desenvolvimento de currículos estruturados que integrem IA no ensino de maneira eficaz é outro obstáculo, especialmente em países com recursos limitados, onde há carência de especialistas e infraestrutura adequada.

Por fim, conclui-se que, embora a IA represente uma evolução promissora na educação médica, é essencial que os desafios relacionados à sua implementação sejam cuidadosamente gerenciados. A colaboração entre multiprofissionais é fundamental para garantir que os sistemas de IA sejam adequados às realidades do ensino médico, permitindo que a tecnologia funcione como uma ferramenta de suporte eficaz, sem comprometer a qualidade do aprendizado ou a ética envolvida no uso de dados clínicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MCFADDEN, P.; CRIM, A. Comparison of the effectiveness of interactive didactic lecture versus online simulation-based CME programs directed at improving the diagnostic capabilities of primary care practitioners. *Journal of Continuing Education in the Health Professions*, Philadelphia, v. 36, n. 1, p. 32-37, 2016.
2. LEE, J.; WU, A. S.; LI, D.; KULASEGARAM, K. M. Artificial intelligence in undergraduate medical education: a scoping review. *Academic Medicine*, Philadelphia, v. 96, n. 11, supl., p. S62-S70, 2021.
3. LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. *Nature*, London, v. 521, n. 7553, p. 436-444, 2015.
4. KOLACHALAMA, V. B.; GARG, P. S. Machine learning and medical education. *NPJ Digital Medicine*, London, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0029-1>.
5. WARTMAN, S. A.; COMBS, C. D. Reimagining medical education in the age of AI. *AMA Journal of Ethics*, Chicago, v. 21, n. 2, p. 146-152, 2019.
6. ZAREI, M. Error assessment of artificial intelligence results: what we need to do in medical education. *Strides in Development of Medical Education*, Tehran, v. 20, n. 1, p. 38-39, 2023.
7. LILLEHAUG, S. I.; LAJOIE, S. P. AI in medical education—another grand challenge for medical informatics. *Artificial Intelligence in Medicine*, Amsterdam, v. 12, n. 3, p. 197-225, 1998.
8. KAUL, V.; ENSLIN, S.; GROSS, S. A. History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointestinal Endoscopy*, St. Louis, v. 92, n. 4, p. 807-812, 2020.
9. KULIKOWSKI, C. A. Beginnings of Artificial Intelligence in Medicine (AIM): computational artifice assisting scientific inquiry and clinical art—with reflections on present AIM challenges. *Yearbook of Medical Informatics*, Stuttgart, v. 28, n. 1, p. 249-256, 2019.
10. WEISS, S. M.; KULIKOWSKI, C. A.; AMAREL, S.; SAFIR, A. A model-based method for computer-aided medical decision-making. *Artificial Intelligence*, [Amsterdam], v. 11, n. 1-2, p. 145-172, 1978. DOI: [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(78\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0004-3702(78)90015-2).
11. AMISHA; MALIK, P.; PATHANIA, M.; RATHAUR, V. K. Overview of artificial intelligence in medicine. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, New Delhi, v. 8, n. 7, p. 2328-2331, 2019.
12. FERRUCCI, D.; LEVAS, A.; BAGCHI, S.; GONDEK, D.; MUELLER, E. T. Watson: beyond Jeopardy! *Artificial Intelligence*, Amsterdam, v. 199-200, p. 93-105, 2013.
13. BAKKAR, N.; KOVALIK, T.; LORENZINI, I.; et al. Artificial intelligence in neurodegenerative disease research: use of IBM Watson to identify additional RNA-binding proteins altered in amyotrophic lateral sclerosis. *Acta Neuropathologica*, Berlin, v. 135, n. 2, p. 227-247, 2018.



14. ZHU, M.; XU, C.; YU, J.; et al. Differentiation of pancreatic cancer and chronic pancreatitis using computer-aided diagnosis of endoscopic ultrasound (EUS) images: a diagnostic test. *PLoS One*, San Francisco, v. 8, n. 5, p. 525, 2013.
15. HOOGENBOOM, S. A.; BAGCI, U.; WALLACE, M. B. Artificial intelligence in gastroenterology: the current state of play and the potential—how will it affect our practice and when? *Techniques and Innovations in Gastrointestinal Endoscopy*, Amsterdam, v. 22, n. 2, p. 42-47, 2020.
16. GAN, L.; SHA, C.; WANG, B. Practice and thoughts of virtual reality technology in medical teaching in China. *Chinese Journal of Medical Education Research*, Beijing, v. 18, n. 6, p. 871-875, 2019.
17. WALKOWSKI, S.; LUNDIN, M.; SZYMAS, J.; LUNDIN, J. Exploring viewing behavior data from whole slide images to predict correctness of students' answers during practical exams in oral pathology. *Journal of Pathology Informatics*, London, v. 6, n. 1, p. 28, 2015.
18. KOLACHALAMA, V. B. Machine learning and pre-medical education. *Artificial Intelligence in Medicine*, Amsterdam, v. 129, p. 313, 2022.
19. PARANJAPE, K.; SCHINKEL, M.; PANDAY, R. N.; CAR, J.; NANAYAKKARA, P. Introducing artificial intelligence training in medical education. *JMIR Medical Education*, Toronto, v. 5, n. 2, p. 148, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2196/16048>.
20. GAUR, U.; MAJUMDER, M. A. A.; SA, B.; SARKAR, S.; WILLIAMS, A.; SINGH, K. Challenges and opportunities of preclinical medical education: COVID-19 crisis and beyond. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, Cham, v. 2, n. 11, p. 1992-1997, 2020.
21. BRASIL, S.; PASCOAL, C.; FRANCISCO, R.; FERREIRA, V. A. R.; VIDEIRA, P.; VALADÃO, G. Artificial intelligence (AI) in rare diseases: is the future brighter? *Genes*, Basel, v. 10, n. 12, p. 978, 2019.
22. CHEN, L.; CHEN, P.; LIN, Z. Artificial intelligence in education: a review. *IEEE Access*, New York, v. 8, p. 264-278, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>.
23. WIJK, H.; PONZER, S.; JÄRNBERT-PETTERSSON, H.; KIHLESTRÖM, L.; NORDQUIST, J. Factors related to the role of programme directors in association with quality in postgraduate medical education—a cross-sectional study. *BMC Medical Education*, London, v. 19, n. 1, p. 1-9, 2019.
24. MASON, B. J.; BRUNING, R. Providing feedback in computer-based instruction: what the research tells us. *NPJ Digital Medicine*, London, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2018.
25. CHAN, K. S.; ZARY, N. Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: integrative review. *JMIR Medical Education*, Toronto, v. 5, n. 1, p. 930, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2196/13930>.
26. NARAYANAN, S.; RAMAKRISHNAN, R.; DURAIRAJ, E.; DAS, A. Artificial intelligence revolutionizing the field of medical education. *Cureus*, San Diego, v. 15, n. 11, p. 604, 2023.
27. DUMIĆ-ČULE, I.; OREŠKOVIĆ, T.; BRKLJAČIĆ, B.; KUJUNDŽIĆ TILJAK, M.; OREŠKOVIĆ, S. The importance of introducing artificial intelligence to the medical curriculum: assessing practitioners' perspectives. *Croatian Medical Journal*, Zagreb, v. 61, n. 5, p. 457-464, 2020.
28. CIVANER, M. M.; UNCU, Y.; BULUT, F.; et al. Artificial intelligence in medical education: a cross-sectional needs assessment. *BMC Medical Education*, London, v. 22, n. 1, p. 772, 2022.