

Uso da inteligência artificial para predição da evolução clínica em doenças neurológicas

Use of artificial intelligence to predict clinical evolution in neurological diseases

Uso de inteligencia artificial para predecir la evolución clínica en enfermedades neurológicas

Adrielly Oliveira Mateus¹, Karollayne Drielly Moreira de Souza²,
Isadora Aires Godinho³, Larissa Maria Melo Valadares⁴,
Maria Isabel Silva Moreira⁵, Rodrigo Pena Modesto⁶

1.Graduanda do curso de Medicina, Universidade de Gurupi, Campus Paraíso do Tocantins. Paraíso do Tocantins-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9033-3340>

2.Graduanda do Curso de Medicina, Universidade de Gurupi, Campus Paraíso do Tocantins. Paraíso do Tocantins-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-2129-1544>

3.Graduanda do curso de Medicina, Universidade de Gurupi, Campus Paraíso do Tocantins. Paraíso do Tocantins-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-8242-6619>

4.Graduanda do curso de Medicina, Universidade de Gurupi, Campus Paraíso do Tocantins. Paraíso do Tocantins-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-3739-825X>

5.Graduanda do curso de Medicina, Universidade de Gurupi, Campus Paraíso do Tocantins. Paraíso do Tocantins-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5316-4007>

6.Graduanda do Curso de Medicina, Universidade de Gurupi, Campus Paraíso do Tocantins. Paraíso do Tocantins-TO, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-0608-5668>

Resumo

Introdução. A inteligência artificial (IA) tem revolucionado a medicina, especialmente no diagnóstico e tratamento de doenças neurológicas. Sua aplicação no sistema nervoso central (SNC) auxilia na previsão, diagnóstico precoce e prognóstico de condições como AVC, Alzheimer e Parkinson, além de contribuir para a pesquisa farmacêutica. **Objetivo.** Avaliar o uso da inteligência artificial para predição da evolução clínica em doenças neurológicas.

Método. A pesquisa utilizou uma revisão integrativa da literatura com dados coletados de bases como PubMed e ScienceDirect. Foram selecionados artigos publicados entre 2014 e 2025, utilizando descritores como "inteligência artificial", "predição clínica", "doenças neurológicas", "neurodegenerativas", "modelo preditivo" e "aprendizado de máquina". Após a triagem, 25 estudos foram incluídos na análise. **Resultados.** Os estudos revisados destacam o impacto crescente da IA no diagnóstico e prognóstico de doenças neurológicas e cardiovasculares, com avanços na análise de dados cerebrais e no desenvolvimento de biomarcadores, como no monitoramento da Doença de Parkinson. A IA tem impulsionado a descoberta de medicamentos para o SNC e aprimorado o monitoramento de condições como AVC e doenças cardíacas por meio de plataformas integradas à telemedicina. Apesar dos avanços, desafios relacionados à qualidade dos dados e validação clínica ainda precisam ser superados para uma aplicação eficaz. **Conclusão.** A IA tem aprimorado o diagnóstico e tratamento de doenças neurológicas, como Alzheimer e Parkinson, por meio da análise avançada de dados e personalização de terapias. Apesar dos desafios, seu avanço contínuo promete melhorias significativas na saúde neurológica.

Unitermos. Inteligência artificial; Predição clínica; Doenças neurológicas

Abstract

Introduction. Artificial intelligence (AI) has revolutionized medicine, especially in the diagnosis and treatment of neurological diseases. Its application to the central nervous system (CNS) aids in the prediction, early diagnosis, and prognosis of conditions such as stroke, Alzheimer's, and Parkinson's disease, in addition to contributing to pharmaceutical research.

Objective. To evaluate the use of AI for predicting clinical progression in neurological diseases. **Method.** The research was conducted through an integrative literature review, with data collected from databases such as PubMed and ScienceDirect. Articles published between 2014 and 2025 were selected using descriptors such as "artificial intelligence," "clinical prediction," "neurological diseases," "neurodegenerative," "predictive model," and "machine learning." After screening, 25 studies were included in the analysis. **Results.** The reviewed studies highlight the growing impact of AI in the diagnosis and prognosis of neurological and cardiovascular diseases, with advances in brain data analysis and biomarker development, such as the monitoring of Parkinson's disease. AI has driven the discovery of CNS-targeted drugs and improved the monitoring of conditions such as stroke and heart diseases through platforms integrated with telemedicine. Despite these advances, challenges related to data quality and clinical validation still need to be addressed for effective implementation.

Conclusion. AI has enhanced the diagnosis and treatment of neurological diseases, such as Alzheimer's and Parkinson's, through advanced data analysis and personalized therapies. Despite the challenges, its continuous development promises significant improvements in neurological health.

Keywords. Artificial intelligence; Clinical prediction; Neurological diseases

Resumen

Introducción. La inteligencia artificial (IA) ha revolucionado la medicina, especialmente en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades neurológicas. Su aplicación en el sistema nervioso central (SNC) ayuda en la predicción, diagnóstico temprano y pronóstico de condiciones como el accidente cerebrovascular, Alzheimer y Parkinson, además de contribuir a la investigación farmacéutica. **Objetivo.** Evaluar el uso de la IA para predecir la evolución clínica en enfermedades neurológicas. **Método.** La investigación se llevó a cabo mediante una revisión integradora de la literatura, con datos recopilados de bases de datos como PubMed y ScienceDirect. Se seleccionaron artículos publicados entre 2014 y 2025, utilizando descriptores como "inteligencia artificial", "predicción clínica", "enfermedades neurológicas", "neurodegenerativas", "modelo predictivo" y "aprendizaje automático".

Después de la selección, se incluyeron 25 estudios en el análisis. **Resultados.** Los estudios revisados destacan el creciente impacto de la IA en el diagnóstico y pronóstico de enfermedades neurológicas y cardiovasculares, con avances en el análisis de datos cerebrales y el desarrollo de biomarcadores, como el monitoreo de la enfermedad de Parkinson. La IA ha impulsado el descubrimiento de medicamentos dirigidos al SNC y mejorado el monitoreo de condiciones como el accidente cerebrovascular y enfermedades cardíacas mediante plataformas integradas con telemedicina. A pesar de estos avances, aún persisten desafíos relacionados con la calidad de los datos y la validación clínica, que deben superarse para una implementación efectiva.

Conclusión. La IA ha mejorado el diagnóstico y tratamiento de enfermedades neurológicas, como Alzheimer y Parkinson, mediante el análisis avanzado de datos y terapias personalizadas. A pesar de los desafíos, su desarrollo continuo promete mejoras significativas en la salud neurológica.

Palabras clave. Inteligencia artificial; Predicción clínica; Enfermedades neurológicas

Trabalho realizado na Universidade de Gurupi (UNIRG) Campus Paraíso do Tocantins. Paraíso do Tocantins-TO, Brasil.

Conflito de interesse: não

Recebido em: 22/01/2025

Aceito em: 13/03/2025

Endereço de correspondência: Adrielly Oliveira Mateus. Rua Capivari 276. Setor Oeste. Paraíso do Tocantins-TO, Brasil. E-mail: adriellyoliveiramateus@gmail.com

INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) se trata de um campo da ciência da computação que simula a inteligência humana em máquinas, a fim de que tenham capacidade de resolução e tomada de decisões de problemas tal qual ao cérebro humano¹. Termo este sendo aplicável a inúmeros itens na medicina, como robótica, diagnóstico médico, estatística médica e biologia humana².

Os distúrbios do sistema nervoso central (SNC) são responsáveis por múltiplos estados de doença com impacto econômico e social significativo, gerando incapacidade e mortalidade aos pacientes, o que exige soluções inovadoras. Em 2022, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou o posicionamento sobre a importância da saúde do cérebro e se tornou uma prioridade global com a adoção do Plano de Ação Global Intersetorial (IGAP)^{2,3}.

Entretanto, rápidos avanços na IA estão revolucionando a pesquisa e a prática neurológica. A neurociência também pôde ser impulsionada por avanços que permitiram um melhor estudo do cérebro tanto em alta resolução, além de examinar genes e moléculas, as sinapses e neurônios, fazendo com que a neurociência e a IA estivessem mutuamente interligadas^{1,3}.

As principais áreas da medicina que usam as ferramentas de IA incluem oncologia, neurologia e cardiologia. Sendo esta utilizada, por exemplo, no acidente vascular cerebral (AVC), com o objetivo de obter previsão de resultados, diagnóstico precoce da doença, tratamento, além

da avaliação do prognóstico. Para estes fins, podem ser utilizadas duas categorias principais: a primeira é a técnica de aprendizado de máquina que analisa os dados estruturados, como imagens, dados genéticos e eletrofisiológicos, com o objetivo de agrupar as características dos pacientes ou inferir a probabilidade dos resultados da doença. A segunda inclui os métodos de processamento de linguagem natural que extraem informações de dados não estruturados, como notas clínicas dos médicos, para complementar os dados médicos estruturados⁴.

Além disso, o aprendizado de máquina pode ser favorável para a pesquisa farmacêutica extraindo informações novas e dados complexos gerados pelo processo de descoberta de medicamentos, incluindo principalmente medicamentos que agem no SNC. Descritores moleculares e impressões digitais são usados para quantificar tais características físico-químicas de entidades químicas e suas moléculas alvo biológicas².

Ademais, o uso clínico da IA pode ser benéfico nas doenças de Alzheimer e demência, descobrindo novos biomarcadores diagnósticos e prognósticos, e também para detectar a doença de Parkinson, rastreando a sua progressão a partir de sinais respiratórios noturnos, estimando a gravidade e a progressão da doença^{5,6}.

Portanto, dada a importância do tema na atualidade e visando aprofundar a compreensão, o presente estudo mostra que a utilização da IA pode ser válida para um reforço

diagnóstico nas doenças neurológicas, para a evolução clínica e prognóstico do paciente.

MÉTODO

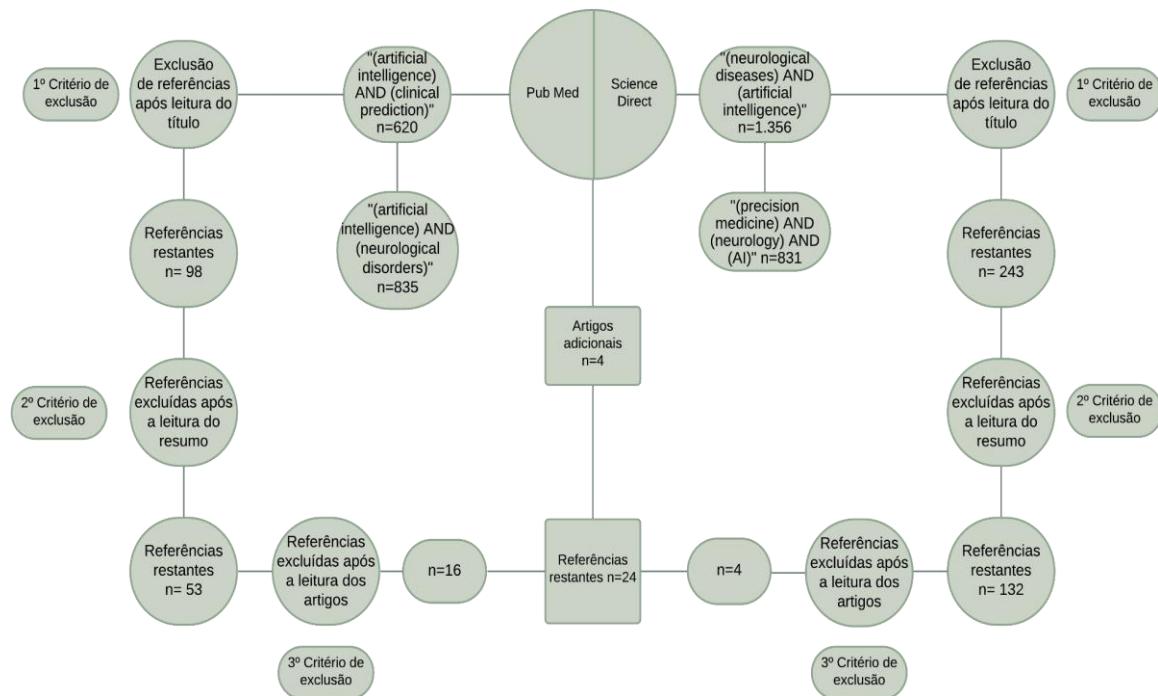
O presente estudo trata-se de uma revisão literária, cujo objetivo foi investigar o uso da Inteligência Artificial (IA) para a predição da evolução clínica em doenças neurológicas. A pergunta norteadora desta revisão foi: "Como a Inteligência Artificial tem sido aplicada na predição da evolução clínica de pacientes com doenças neurológicas?". A revisão foi conduzida com base em publicações científicas disponíveis nas bases de dados PubMed, Scopus e *ScienceDirect*, e a busca foi realizada entre os meses de dezembro de 2024 e janeiro de 2025, utilizando combinações de descritores controlados como "inteligência artificial", "predição clínica", "doenças neurológicas", "neurodegenerativas", "modelo preditivo" e "aprendizado de máquina", de acordo com os critérios de cada base de dados.

Os critérios de inclusão adotados para a seleção dos artigos foram publicações dos últimos 10 anos (2014-2024), estudos clínicos e experimentais em humanos, artigos originais, revisões sistemáticas ou meta-análises com textos completos disponíveis, e estudos publicados em inglês. Foram excluídos os artigos que abordavam exclusivamente outras áreas da inteligência artificial não aplicadas a doenças neurológicas, ou estudos que não apresentavam resultados diretos sobre a predição da evolução clínica em doenças neurológicas.

Na base de dados PubMed, as palavras-chave aplicadas foram "(artificial intelligence) AND (clinical prediction)" e "(artificial intelligence) AND (neurological disorders)", resultando em 620 e 835 artigos, respectivamente, dos quais 8 em ambos foram selecionados. Na base de dados *ScienceDirect*, a combinação "(neurological diseases) AND (artificial intelligence)" resultou em 1.356 artigos, dos quais 2 foram considerados relevantes, e "(precision medicine) AND (neurology) AND (AI)" resultou em 831 artigos, dos quais 2 foram selecionados.

A triagem foi realizada em três etapas: leitura dos títulos e resumos para excluir estudos irrelevantes, avaliação dos textos completos para verificar a aderência ao tema proposto e seleção final dos estudos que atendiam aos critérios de inclusão para análise qualitativa e quantitativa. Por fim, quatro artigos foram mantidos nesta revisão, totalizando 24 artigos. Esses estudos foram analisados de forma descritiva, com foco nas metodologias e abordagens de IA aplicadas à predição da evolução clínica em doenças neurológicas como Doença de Alzheimer, Esclerose Múltipla, Doença de Parkinson e Acidente Vascular Cerebral (AVC).

Figura 1. Fluxograma abordando as etapas de seleção e exclusão dos artigos.



Seleção de estudos e extração de dados

Os dados extraídos dos estudos incluídos foram organizados em uma planilha do Microsoft Excel, contemplando informações como: autor(es), ano de publicação, tipo de IA empregada (ex.: aprendizado de máquina supervisionado ou não supervisionado, redes neurais, algoritmos de classificação), tipo de doença neurológica investigada, principais achados, resultados preditivos e metodologias empregadas (ex.: dados clínicos, exames de imagem, biomarcadores). A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e qualitativa, destacando a eficácia dos modelos preditivos, a acurácia, sensibilidade, especificidade e as limitações dos métodos aplicados.

Por fim, foi realizada uma síntese dos achados com o intuito de identificar padrões e lacunas na literatura, além de propor recomendações para futuras pesquisas e possíveis inovações no uso da Inteligência Artificial para a predição da evolução clínica em doenças neurológicas

RESULTADOS

Os estudos revisados de 20 artigos mostram o crescente impacto da IA na saúde, especialmente no diagnóstico e prognóstico de doenças neurológicas e cardíacas. A IA tem avançado na análise de grandes volumes de dados cerebrais e no desenvolvimento de novos biomarcadores, como no caso da Doença de Parkinson, onde a respiração noturna pode ser usada para diagnóstico e monitoramento da progressão. Na área farmacêutica, a IA/ML tem impulsionado a descoberta de medicamentos para o SNC, com foco em identificar alvos terapêuticos e otimizar compostos. Soluções inovadoras como plataformas de IA para AVC e doenças cardíacas, combinadas com telemedicina e *edge computing*, têm mostrado alta precisão no monitoramento de pacientes. No entanto, desafios como a qualidade dos dados, a necessidade de validação no mundo real e a colaboração interdisciplinar ainda são obstáculos a serem superados para alcançar uma implementação clínica eficiente.

Tabela 1. Resumo dos principais achados sobre o Uso da inteligência artificial para predição de evolução clínica em doenças neurológicas.

Autores	Ano	Principais achados
Surianarayanan <i>et al.</i> ¹	2023	Esta revisão de escopo traz a relação entre IA e neurociência, destacando como se complementam. Além disso, facilita a análise de grandes volumes de dados cerebrais e permite simulações para testar hipóteses. A IA tem avançado na predição e diagnóstico de distúrbios neurológicos, mas ainda enfrenta desafios, com destaque para a importância de abordagens colaborativas e multidisciplinares para alcançar eficiência clínica.
Winchester <i>et al.</i> ⁵	2023	Nesta revisão sistemática, abordagens acerca da inteligência artificial e aprendizado de máquina podem acelerar a descoberta de biomarcadores de demência. Porém, os desafios restantes incluem a adequação do conjunto de dados devido ao tamanho e ao viés na seleção de coorte. Sendo necessários dados multimodais, conjuntos de dados diversos, abordagens aprimoradas de aprendizado de máquina, validação no mundo real e colaboração interdisciplinar.
Yang <i>et al.</i> ⁶	2022	Este estudo observacional demonstra que a IA pode identificar a Doença de Parkinson (DP) a partir da respiração noturna, além de avaliar a gravidade e a progressão da doença. As descobertas foram validadas em uma coorte externa independente, indicando o potencial de um novo biomarcador digital para DP. Este biomarcador apresenta vantagens como: diagnóstico, acompanhamento da progressão, objetividade, ausência de influência subjetiva.
Michel <i>et al.</i> ⁷	2016	Revisão narrativa que investigou os mecanismos moleculares envolvidos na morte dos neurônios dopaminérgicos na doença de Parkinson. Com base em dados experimentais e clínicos, os autores analisaram fatores como o estresse oxidativo, disfunção mitocondrial, agregação de proteínas, neuroinflamação e alterações genéticas. O artigo destacou a interação complexa entre esses fatores na progressão da doença, propondo potenciais alvos terapêuticos para prevenir ou retardar a degeneração neuronal. Os achados oferecem uma visão integrada das vias de morte celular e sua relevância para o desenvolvimento de novas abordagens de tratamento.
Bron <i>et al.</i> ⁸	2015	Pesquisa experimental que explorou o uso de métodos baseados em aprendizado de máquina para identificar biomarcadores relevantes na classificação de diferentes tipos de demência. Utilizando o vetor de pesos da Máquina de Vetores de Suporte (SVM), os pesquisadores selecionaram características-chave de imagens de ressonância magnética e dados clínicos, melhorando a acurácia dos modelos de diagnóstico. Os resultados mostraram que a abordagem de seleção de características baseada no SVM pode identificar informações discriminantes e potencialmente relevantes para diagnósticos precoces e intervenções personalizadas na demência.
Zhao <i>et al.</i> ⁹	2018	A Pesquisa por meio de estudos experimentais e validação tecnológica apresenta uma plataforma de IA integrada para diagnóstico e previsão de AVC e doenças cardíacas, combinando IoT e telemedicina. A solução utiliza aprendizado profundo (LSTM) com alta precisão (99,9%) para analisar sinais de EEG/ECG/EMG em tempo real, ajudando no monitoramento hospitalar e domiciliar de pacientes com condições crônicas. A proposta inclui uma arquitetura avançada de saúde móvel baseada em IA e <i>edge computing</i> , voltada para análise preditiva e emergências médicas. A pesquisa destaca inovações no uso de GMDH para prever eventos futuros e implementar soluções inteligentes em ambientes residenciais e hospitalares.

Tabela 1 (cont.). Resumo dos principais achados sobre o Uso da inteligência artificial para predição de evolução clínica em doenças neurológicas.

Autores	Ano	Principais achados
Blennow et al. ¹⁰	2017	Revisão narrativa que explorou os avanços no uso de biomarcadores no diagnóstico da doença de Alzheimer (DA). Os principais resultados mostraram que biomarcadores no líquido cefalorraquidiano (LCR), como tau total (T-tau), tau fosforilada (P-tau) e β-amiloide 42 (Aβ42), continuam sendo altamente eficazes para diagnosticar a DA, refletindo processos de degeneração neuronal e alterações patológicas associadas. Além disso, avanços recentes permitiram a análise de biomarcadores sanguíneos, como a proteína tau e o neurofilamento leve (NFL), destacando que o NFL plasmático apresenta desempenho diagnóstico comparável aos biomarcadores do LCR, além de prever o declínio cognitivo futuro. Esses achados sugerem que biomarcadores sanguíneos podem ser utilizados como ferramentas de triagem inicial para identificar neurodegeneração em contextos de atenção primária. Contudo, estudos longitudinais adicionais são necessários para confirmar sua aplicabilidade clínica.
Stamate et al. ¹¹	2019	Pesquisa experimental que utilizou modelos de aprendizado de máquina para diferenciar indivíduos cognitivamente normais de pacientes com demência do tipo Alzheimer, analisando perfis de metabólitos plasmáticos. Foram analisados 883 metabólitos plasmáticos em 242 indivíduos cognitivamente normais e 115 pacientes com Alzheimer. Entre os modelos testados, o XGBoost apresentou a melhor performance, com uma área sob a curva (AUC) de 0,88, superando os modelos de aprendizado profundo e Random Forest, ambos com AUC de 0,85. Comparativamente, biomarcadores tradicionais no líquido cefalorraquidiano (LCR), como amiloide, p-tau e t-tau, combinados com idade e gênero, apresentaram AUCs de 0,78, 0,83 e 0,87, respectivamente, quando avaliados pelo modelo XGBoost. Esses resultados sugerem que perfis de metabólitos plasmáticos, analisados por aprendizado de máquina, podem igualar a eficácia diagnóstica dos biomarcadores tradicionais do LCR no diagnóstico da demência do tipo Alzheimer. No entanto, estudos adicionais são necessários para validar esses achados em coortes independentes e confirmar a capacidade do painel metabólico em diferenciar Alzheimer de outras condições neurodegenerativas.
Klöppel et al. ¹²	2015	Pesquisa prospectiva que avaliou a eficácia de métodos automatizados de reconhecimento de padrões aplicados a imagens de ressonância magnética no diagnóstico de demências em ambiente clínico. O principal resultado indicou que a separação entre indivíduos saudáveis e aqueles com demência foi altamente precisa, com uma área sob a curva (AUC) de 0,97, demonstrando a viabilidade de métodos automatizados em diagnósticos clínicos rotineiros. Contudo, a precisão na diferenciação entre subtipos de demência, como Alzheimer e demência frontotemporal, foi mais limitada, apontando a necessidade de melhorias nos modelos para diagnósticos diferenciais.
Duffy et al. ¹³	2019	Revisão narrativa que explorou a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina (ML) na aquisição e análise de imagens de tomografia por emissão de pósitrons (PET). Os autores discutiram como o ML pode aprimorar a aquisição e reconstrução de imagens PET, além de suas aplicações na análise de biomarcadores digitais para o diagnóstico precoce e preciso de doenças neurodegenerativas, como a doença de Alzheimer, e em oncologia. O estudo destacou o potencial do ML em otimizar o suporte à decisão clínica, permitindo tratamentos personalizados.
Di Costanzo et al. ¹⁴	2020	Pesquisa observacional que utilizou a metabolômica por RMN para analisar perfis metabólicos no soro de indivíduos em diferentes estágios da doença de Alzheimer (DA). Seis metabólitos foram identificados como preditores de SMD, CCL e DA, com alta sensibilidade (88%-95%) e AUC (0,88-0,99). No entanto, a especificidade e precisão foram menores nos estágios iniciais, refletindo sua heterogeneidade. Os resultados indicam que os estágios pré-clínicos da DA compartilham características moleculares, mas desregulações metabólicas específicas podem auxiliar no diagnóstico.

Tabela 1 (cont.). Resumo dos principais achados sobre o Uso da inteligência artificial para predição de evolução clínica em doenças neurológicas.

Autores	Ano	Principais achados
Benjamens et al. ¹⁵	2020	Pesquisa descritiva que analisou o panorama atual de dispositivos médicos e algoritmos baseados em inteligência artificial (IA) aprovados pela <i>Food and Drug Administration</i> (FDA) dos Estados Unidos. Os pesquisadores criaram e disponibilizaram um banco de dados online contendo informações detalhadas sobre os dispositivos aprovados até 2020, incluindo suas aplicações clínicas, características tecnológicas e fabricantes. O estudo revelou que a maioria das inovações baseadas em IA aprovadas pelo FDA está concentrada nas áreas de radiologia e cardiologia, com foco em diagnóstico por imagem. Além disso, destacaram-se empresas consolidadas como principais desenvolvedoras desses dispositivos. Os autores enfatizaram a importância da transparência e da atualização contínua desse banco de dados para fomentar a pesquisa, a regulação e a adoção segura de IA na prática médica.
Giacalone et al. ¹⁶	2018	Pesquisa experimental que abordou a análise de imagens médicas para prever a lesão cerebral final em pacientes com acidente vascular cerebral (AVC) a partir de imagens iniciais de perfusão por ressonância magnética. Tradicionalmente, o processamento dessas imagens dinâmicas envolve uma deconvolução temporal para aprimorar os sinais associados a cada voxel antes da previsão. No entanto, os pesquisadores demonstraram a eficácia de utilizar diretamente os dados brutos de perfusão, codificando o ambiente local de cada voxel como uma textura espaço-temporal, com uma escala de observação maior que o voxel. Para ilustrar essa abordagem, as texturas foram caracterizadas com padrões binários locais (<i>Local Binary Patterns</i>) e a classificação foi realizada usando uma Máquina de Vetores de Suporte (SVM). Esse método de aprendizado de máquina apresentou uma precisão média de 95% utilizando apenas os dados brutos de perfusão. Os resultados sugerem que a codificação espaço-temporal local pode melhorar significativamente a previsão de lesões finais no AVC, auxiliando na tomada de decisões clínicas precoces.
Chen et al. ¹⁷	2016	Pesquisa experimental que desenvolveu e validou uma abordagem automatizada para segmentar o líquido cefalorraquídiano (LCR) e calcular suas variações em tomografias computadorizadas (TC) seriadas. Utilizando uma combinação de aprendizado de máquina baseado em floresta aleatória (random forest) e segmentação por contorno ativo geodésico, os pesquisadores demonstraram que essa técnica supera métodos tradicionais de limiarização de unidades Hounsfield na segmentação do LCR. A correlação entre as mudanças no volume de LCR detectadas automaticamente e a segmentação manual foi alta ($r = 0,879$), indicando a precisão do método. Essa abordagem permite medir de forma eficiente e precisa a evolução do edema cerebral, auxiliando na triagem precoce de pacientes com AVC para procedimentos como a craniectomia.
Qiu et al. ¹⁸	2024	Pesquisa de revisão da literatura que explora como a IA pode acelerar o desenvolvimento de tratamentos para Alzheimer. Os autores destacam o uso de algoritmos de aprendizado de máquina para identificar alvos terapêuticos, prever a eficácia de compostos e otimizar ensaios clínicos. O estudo evidencia o potencial da IA em reduzir custos e tempo no desenvolvimento de medicamentos, além de personalizar abordagens terapêuticas, oferecendo avanços significativos no manejo da doença.
Angelucci et al. ¹⁹	2024	Revisão que explora o uso da inteligência artificial (IA) em diversas áreas relacionadas à doença de Alzheimer (DA). Os autores discutem como a IA pode aprimorar o diagnóstico precoce por meio da análise de neuroimagens, prever a progressão da doença, identificar pacientes de alto risco e avaliar novos tratamentos. Além disso, a revisão aborda o desenvolvimento de terapias personalizadas e o uso de técnicas baseadas em IA para melhorar a qualidade de vida de pacientes com DA e seus cuidadores. Os achados destacam o potencial da IA em revolucionar a abordagem da DA, desde a detecção até o tratamento e monitoramento, oferecendo perspectivas promissoras para o manejo da doença.

Tabela 1 (cont.). Resumo dos principais achados sobre o Uso da inteligência artificial para predição de evolução clínica em doenças neurológicas.

Autores	Ano	Principais achados
Nahhas et al. ²⁰	2024	Pesquisa experimental que investigou o uso de inteligência artificial (IA) na análise de imagens de ressonância magnética para pacientes com esclerose múltipla. Utilizando técnicas avançadas de IA, os pesquisadores desenvolveram um método para quantificar com precisão o volume de lesões cerebrais, permitindo um acompanhamento mais detalhado da progressão da doença. Os resultados indicaram que a abordagem baseada em IA supera as técnicas tradicionais em termos de sensibilidade e especificidade na detecção de alterações cerebrais associadas à esclerose múltipla. Essas descobertas destacam o potencial da inteligência artificial em aprimorar o diagnóstico e o monitoramento de doenças neurológicas complexas.
Pilehvari et al. ²¹	2024	Através de um estudo analítico foram identificados tendências, pontos fortes e limitações de IA, ML e métodos estatísticos no diagnóstico da Esclerose Múltipla. Técnicas como RBFL, ANFIS, ANN, SVM e BNs ajudam na identificação de fatores de risco, seleção de características e melhoria na precisão diagnóstica, complementadas por EDSS e MRI. O desempenho variou entre 60% e 99% em sensibilidade, especificidade e precisão para diagnóstico, predição, segmentação e classificação. A combinação de técnicas demonstrou maior eficiência e melhores resultados.
Reddy et al. ²²	2024	Pesquisa de revisão da literatura que explorou o uso de técnicas de inteligência artificial (IA) para o diagnóstico precoce da doença de Parkinson. Os pesquisadores analisaram diversos algoritmos de aprendizado de máquina aplicados a dados clínicos, sinais cerebrais e características vocais de pacientes. Os resultados indicaram que a IA pode identificar padrões sutis associados ao início da doença, permitindo diagnósticos mais precoces e precisos. Além disso, a aplicação dessas tecnologias mostrou potencial para diferenciar entre Parkinson e outras condições neurológicas com sintomas semelhantes. Os achados destacam a promessa da inteligência artificial em aprimorar as práticas diagnósticas na doença de Parkinson, possibilitando intervenções mais oportunas e personalizadas.
Islam et al. ²³	2024	Estudo original que investigou o uso de inteligência artificial (IA) para a detecção precoce da doença de Parkinson. Os pesquisadores desenvolveram um modelo de IA que analisa sinais de respiração noturna para identificar a presença da doença e monitorar sua progressão. O modelo foi avaliado em um conjunto de dados abrangente, demonstrando potencial significativo na detecção precoce da doença de Parkinson.

DISCUSSÃO

Diagnóstico e Prognóstico de doenças neurológicas

Distúrbios neurodegenerativos, como a Doença de Alzheimer (DA) e a Doença de Parkinson (DP), apresentam desafios diagnósticos significativos, uma vez que os sintomas só se manifestam após uma perda substancial de neurônios⁷. Estudos recentes apontam para o uso de aprendizado de máquina (ML) como ferramenta promissora

para diagnóstico precoce. Por exemplo, algoritmos como máquina de vetor de suporte (SVM), Bayesiano ingênuo e árvores de decisão têm demonstrado eficácia na detecção de DA e demência, distinguindo condições como a degeneração lobar frontotemporal (FTLD) e diferenciando pacientes de indivíduos saudáveis⁸. Além disso, modelos como LSTM têm mostrado alta precisão na análise de distúrbios da marcha em DP, superando algoritmos convencionais ao considerar informações temporais⁹.

Pesquisas sobre biomarcadores também têm avançado significativamente no diagnóstico de DA. Biomarcadores plasmáticos, como Aβ42/40, p-tau181, p-tau231 e p-tau217, têm apresentado alta precisão na identificação de patologias cerebrais e são apontados como ferramentas não invasivas e promissoras⁵. Estudos como os de Blennow 2017¹⁰ e Stamate 2019¹¹ destacam o potencial dos metabólitos plasmáticos, que se mostraram comparáveis aos biomarcadores do líquido cerebrospinal (LCR), tradicionalmente utilizados. Apesar de a neuroimagem, incluindo TC, RNM e PET, desempenhar um papel crucial no diagnóstico e prognóstico, os custos elevados e a invasividade desses métodos incentivam a busca por alternativas, como biomarcadores em sangue, saliva e urina, além do uso de imagens oculares^{12,13}.

A IA tem se consolidado como uma aliada na integração de dados de biomarcadores, neuroimagem e avaliações cognitivas, melhorando modelos preditivos¹⁴. Métodos avançados, como autocodificadores multiníveis, têm

facilitado a análise de dados complexos, como metilação longitudinal, para identificar padrões genéticos significativos¹⁵. No contexto de AVC, os algoritmos de aprendizado de máquina também têm sido amplamente utilizados para classificar subtipos de AVC, prever complicações como edema cerebral maligno e avaliar a gravidade dos casos^{18,19,24}. Em particular, a análise de ressonância magnética com SVM alcançou 95% de precisão na previsão de AVC isquêmico agudo, reforçando o potencial da IA no diagnóstico e manejo de doenças complexas¹⁶.

Personalização de tratamento para doenças neurológicas

Os resultados apresentados nesta revisão literária evidenciam que os avanços tecnológicos, particularmente o uso de IA, têm promovido mudanças significativas no campo das neurociências, especialmente na personalização de tratamentos para doenças neurológicas. Surianarayanan 2023¹ destaca como a IA e a neurociência se complementam, permitindo a análise de grandes volumes de dados cerebrais e simulações de hipóteses, com potencial para aprimorar a eficiência clínica. Essa abordagem é exemplificada pela pesquisa de Yang 2022⁶, que demonstrou o uso da IA para identificar a DP a partir da respiração noturna, introduzindo um biomarcador digital inovador para diagnóstico e acompanhamento da doença. Similarmente, Zhao 2018⁹ explorou o uso de plataformas integradas de IA para monitoramento em tempo real de sinais neurológicos,

destacando sua aplicação em pacientes com condições crônicas.

A inteligência artificial tem se mostrado uma ferramenta promissora na descoberta e desenvolvimento de medicamentos para o sistema nervoso central. Sua aplicação facilita a identificação de alvos terapêuticos, a triagem de compostos e a previsão da eficácia dos tratamentos. No caso da DA, algoritmos de aprendizado de máquina são capazes de identificar potenciais alvos terapêuticos e prever a progressão da enfermidade¹⁸. Além disso, Angelucci 2024¹⁹ destacam que a IA pode aprimorar o diagnóstico precoce, desenvolver terapias personalizadas e monitorar a qualidade de vida dos pacientes, ampliando as possibilidades de manejo clínico da DA.

Entretanto, o sucesso da personalização de tratamentos depende de uma abordagem colaborativa e multidisciplinar. Estudos como o de Nahhas 2024²⁰ mostram como a volumetria cerebral baseada em IA aprimora a análise da progressão da Esclerose Múltipla (EM), superando técnicas tradicionais. Além disso, Pilehvari 2024²¹ discutem a combinação de métodos estatísticos e técnicas de aprendizado de máquina para melhorar a precisão diagnóstica e preditiva na EM, com eficiência variando de 60% a 99%. Por fim, Winchester 2023⁵ enfatizam a importância de dados diversificados e multimodais para superar desafios como o viés na seleção de coortes, garantindo que os avanços da IA sejam validados no mundo real. Esses estudos evidenciam como a integração da IA na

medicina neurológica oferece novas perspectivas, possibilitando diagnósticos mais precisos e tratamentos altamente personalizados.

Comparação da eficácia em diferentes doenças

A eficácia da IA voltada para as doenças reside na sua capacidade de examinar, interpretar e de extrair padrões ocultos de grande volume de dados, pelos quais, com a união do campo da neurociência, é possível simulações em larga escala dos dados e apoio para a detecção e previsão de distúrbios neurológicos¹. Nesse viés o estudo de Chen Y 2016¹⁷ tem-se a utilização de um algoritmo de aprendizado de máquina (ML) para avaliar a redução do líquido cefalorraquidiano (ICR) em tomografias computadorizadas seriadas da cabeça, o qual permitiu uma avaliação rápida e precisa nas variações do LCR, podendo ser uma das ferramentas de apoio para triagem de pacientes com AVC candidatos a realização de uma craniectomia.

Corroborando com o estudo supracitado em relação ao uso do ML, no estudo realizado por Duffy 2019¹³ foi indicado que essa referida ferramenta para aperfeiçoar a obtenção e reconstrução de uma tomografia por emissão de pósitrons, com isso, pode torna-se um meio de suporte para diagnósticos precoces e para regimes terapêuticos, como em caso de doenças neurodegenerativas e na área da oncologia, no estudo de Zhao 2018⁹ essa referida capacidade de análise foi realizada por meio de aprendizado profundo para diagnóstico e previsão de AVC e doenças cardíacas e

monitoramento hospitalar e domiciliar de pessoas com doenças crônicas, esse estudo demonstrou uma boa eficácia da IA para essas referidas finalidades estudadas. Ademais, a doença de Parkinson e a demência, principalmente em relação ao Alzheimer, foram as principais enfermidades mais encontradas nos artigos usados para construir essa referida revisão da literatura disponível nos últimos 10 anos.

Em relação à DP no estudo de Reddy 2025²² e no de Islam 2025²³, foi demonstrado que os algoritmos de análise de dados de IA podem contribuir para o diagnóstico precoce e avaliação dessa referida doença. Assim como também no caso da demência e seus variados tipos, no estudo de Bron 2015⁸, corroborado pelo estudo de Klöppel 2015¹² foi utilizado uma máquina de vetor de suporte (SVM), utilizando dados de ressonância magnética, o que permitiu a obtenção de dados relevantes para o diagnóstico precoce e tratamentos personalizados.

CONCLUSÃO

Portanto, a partir desta revisão, fica evidente que a inteligência artificial exerce um papel cada vez mais significativo na transformação do diagnóstico e tratamento de doenças neurológicas. Os avanços fornecidos têm permitido a análise de dados complexos com precisão sem precedentes, favorecendo diagnósticos precoces e intervenções personalizadas.

Em condições como a Doença de Alzheimer, Parkinson e AVC, a aplicação de tecnologias avançadas demonstrada

na detecção de biomarcadores, na integração de dados multimodais e na previsão de progressão da doença. Além disso, a personalização dos tratamentos tem se mostrado uma abordagem promissora, com o uso de IA para identificar alvos terapêuticos e melhorar regimes de tratamento baseados nas necessidades individuais.

Apesar dos avanços, os desafios persistem, como a superação de dados em dados, custos elevados e a necessidade de validação clínica em larga escala. No entanto, a evolução contínua da IA, aliada a abordagens multidisciplinares, aponta para um futuro com diagnósticos mais rápidos, precisos e acessíveis, bem como tratamentos personalizados, impactando positivamente a vida de milhões de pessoas afetadas por doenças neurológicas.

REFERÊNCIAS

- 1.Surianarayanan C, Lawrence JJ, Chelliah PR, Prakash E, Hewage C. Convergence of Artificial Intelligence and Neuroscience towards the Diagnosis of Neurological Disorders-A Scoping Review. Sensors (Basel) 2023;23:3062. <https://doi.org/10.3390/s23063062>
- 2.Vatansever S, Schlessinger A, Wacker D, Kaniskan HÜ, Jin J, Zhou MM, et al. Artificial intelligence and machine learning-aided drug discovery in central nervous system diseases: State-of-the-arts and future directions. Med Res Rev 2021;41:1427-73. <https://doi.org/10.1002/med.21764>
- 3.Voigtlaender S, Pawelczyk J, Geiger M, Vaios EJ, Karschnia P, Cudkowicz M, et al. Artificial intelligence in neurology: opportunities, challenges, and policy implications. J Neurol 2024;271:2258-73. <https://doi.org/10.1007/s00415-024-12220-8>
- 4.Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. Stroke Vasc Neurol 2017;2:230-43. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- 5.Winchester LM, Harshfield EL, Shi L, Badhwar A, Khleifat AA, Clarke N, et al. Artificial intelligence for biomarker discovery in Alzheimer's disease and dementia. Alzheimers Dement 2023;19:5860-71. <https://doi.org/10.1002/alz.13390>
- 6.Yang Y, Yuan Y, Zhang G, Wang H, Chen YC, Liu Y, et al. Artificial intelligence-enabled detection and assessment of Parkinson's disease

- using nocturnal breathing signals. *Nat Med* 2022;28:2207-15.
<https://doi.org/10.1038/s41591-022-01932-x>
- 7.Michel PP, Hirsch EC, Hunot S. Understanding Dopaminergic Cell Death Pathways in Parkinson Disease. *Neuron* 2016;90:675-91.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.03.038>
- 8.Bron EE, Smits M, Niessen WJ, Klein S. Feature Selection Based on the SVM Weight Vector for Classification of Dementia. *IEEE J Biomed Health Informat* 2015;19:1617-26.
<https://doi.org/10.1109/JBHI.2015.2432832>
- 9.Zhao A, Dong J, Li J, Qi L, Yu H. LSTM for diagnosis of neurodegenerative diseases using gait data. Ninth International Conference on Graphic and Image Processing (ICGIP 2017).
<https://doi.org/10.1117/12.2305277>
- 10.Blennow K. A Review of Fluid Biomarkers for Alzheimer's Disease: Moving from CSF to Blood. *Neurol Ther* 2017;6(S1):15-24.
<https://doi.org/10.1007/s40120-017-0073-9>
- 11.Stamate D, Kim M, Proitsi P, Westwood S, Baird A, Nevado-Holgado A, et al. A metabolite-based machine learning approach to diagnose Alzheimer-type dementia in blood: Results from the European Medical Information Framework for Alzheimer disease biomarker discovery cohort. *Alzheimers Dement Translat Res Clin Interv* 2019;5:933-8.
<https://doi.org/10.1016/j.trci.2019.11.001>
- 12.Klöppel S, Peter J, Ludl A, Pilatus A, Maier S, Mader I, et al. Applying Automated MR-Based Diagnostic Methods to the Memory Clinic: A Prospective Study. *J Alzheimers Dis* 2015;47:939-54.
<https://doi.org/10.3233/JAD-150334>
- 13.Duffy IR, Boyle AJ, Vasdev N. Improving PET Imaging Acquisition and Analysis With Machine Learning: A Narrative Review With Focus on Alzheimer's Disease and Oncology. *Mol Imag* 2019;18:153601211986907.
<https://doi.org/10.1177/1536012119869070>
- 14.Di Costanzo A, Paris D, Melck D, Angiolillo A, Corso G, Maniscalco M, et al. Blood biomarkers indicate that the preclinical stages of Alzheimer's disease present overlapping molecular features. *Sci Rep* 2020;10:15612. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71832-y>
- 15.Benjamens S, Dhunnoo P, Meskó B. The state of artificial intelligence-based FDA-approved medical devices and algorithms: an online database. *NPJ Dig Med* 2020;3:1-8.
<https://doi.org/10.1038/s41746-020-00324-0>
- 16.Giacalone M, Rasti P, Debs N, Frindel C, Cho TH, Grenier E, et al. Local spatio-temporal encoding of raw perfusion MRI for the prediction of final lesion in stroke. *Med Image Anal* 2018;50:117-26.
<https://doi.org/10.1016/j.media.2018.08.008>
- 17.Chen Y, Dhar R, Heitsch L, Ford A, Fernandez-Cadenas I, Carrera C, et al. Automated quantification of cerebral edema following hemispheric infarction: Application of a machine-learning algorithm to evaluate CSF shifts on serial head CTs. *NeuroIm Clin* 2016;12:673-80.
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.09.018>

- 18.Qiu Y, Cheng F. Artificial intelligence for drug discovery and development in Alzheimer's disease. Cur Opin Struct Biol 2024;85:102776. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2024.10277>
- 19.Angelucci F, Ai AR, Piendel L, Cerman J, Hort J. Integrating AI in fighting advancing Alzheimer: diagnosis, prevention, treatment, monitoring, mechanisms, and clinical trials. Cur Opin Struct Biol 2024;87:102857. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2024.102857>
- 20.Nahhas AF, Nahhas AF, Webster TJ. The nano and artificial intelligence effect: Improved magnetic resonance imaging volumetry for multiple sclerosis. OpenNano 2024;18:100209. <https://doi.org/10.1016/j.onano.2024.100209>
- 21.Pilehvari S, Morgan Y, Peng W. An analytical review on the use of artificial intelligence and machine learning in diagnosis, prediction, and risk factor analysis of multiple sclerosis. Mult Scler Relat Disord 2024;89:105761. <https://doi.org/10.1016/j.msard.2024.105761>
- 22.Reddy A, Reddy RP, Roghani AK, Garcia RI, Khemka S, Pattoor V, et al. Artificial Intelligence in Parkinson's Disease: Early Detection and Diagnostic Advancements. Ageing Res Rev 2024;99:102410-0. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2024.102410>
- 23.Islam N, Turza MdSA, Fahim SI, Rahman RM. Advanced Parkinson's Disease Detection: A comprehensive artificial intelligence approach utilizing clinical assessment and neuroimaging samples. Inter J Cog Comp Eng 2024;5:199-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijcce.2024.05.001>
- 24.Ni Y, Alwell K, Moomaw CJ, Woo D, Adeoye O, Flaherty ML, et al. Towards phenotyping stroke: Leveraging data from a large-scale epidemiological study to detect stroke diagnosis. PLOS ONE 2018;13:e0192586. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192586>