



USO DE ALGORITMOS PARA DIAGNÓSTICO PRECOCE DE ALZHEIMER, PARKINSON E ESCLEROSE MÚLTIPLA



<https://doi.org/10.56238/levv15n43-106>

Data de submissão: 23/11/2024

Data de publicação: 23/12/2024

Anna Carolina Assis

E-mail: annacarol2211@outlook.com

Nicole Pinheiro Magalhães de Souza Lima

E-mail: nicole.pinh@hotmail.com

Fernanda Abreu Caetano de Paula Miranda

E-mail: feabreucpm@icloud.com

Gabriela Penha Abreu

E-mail: gabisspenhaa@gmail.com

Ana Gabriela Rabelo Souza

E-mail: anagabrielarsz@yahoo.com

Késia Rayser Sobrinho Tavares Melo

E-mail: kesiaraysermelo@gmail.com

Carlos Eduardo Faria Franco

E-mail: dudufariafranco10@hotmail.com

Caroline Vianna Maciel

E-mail: carolviannamcl@gmail.com

Isabelly Caroliny Almeida

E-mail: isabelly.almeida@academico.unirv.edu.br

Délio Tiago Martins Malaquias

E-mail: deliomalaquias@outlook.com

Paulo Gabriel Barbosa de Carvalho

E-mail: p.gabriel2904@gmail.com

Rafael Lima Salgado

Email: rafael.salgado@pm.ba.gov.br

RESUMO

A aplicação de algoritmos de inteligência artificial (IA) no diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer, Parkinson e esclerose múltipla, apresenta avanços significativos. Esta revisão integrativa analisou 22 estudos publicados entre 2013 e 2023, utilizando bases como PubMed, IEEE Xplore e Scopus. Os resultados destacam o uso de Redes Neurais



Convencionais (CNNs) em neuroimagens, como ressonância magnética e PET scans, com acurácia superior a 90% no diagnóstico de Alzheimer. Abordagens multimodais que integram dados clínicos e genéticos demonstraram eficácia crescente. Para Parkinson, algoritmos que analisam sinais vocais e tremores apresentam sensibilidade entre 85% e 92%, enquanto ferramentas de aprendizado profundo permitem a detecção de alterações motoras mínimas. No caso da esclerose múltipla, modelos que combinam imagens de ressonância magnética e perfis imunológicos mostram alta precisão na detecção precoce de lesões cerebrais. Apesar dos avanços, desafios persistem, incluindo a padronização dos bancos de dados, a validação em larga escala e a interpretação dos resultados por profissionais de saúde. As limitações deste estudo incluem a falta de uniformidade metodológica nos artigos analisados e a escassez de dados provenientes de estudos clínicos amplos. Propõe-se que pesquisas futuras invistam na integração de diferentes fontes de dados, ampliação de amostras populacionais e desenvolvimento de algoritmos mais transparentes, facilitando sua adoção clínica. Conclui-se que a IA tem grande potencial para transformar o diagnóstico precoce, permitindo intervenções mais eficazes e personalizadas, mas exige refinamento para consolidar sua aplicabilidade prática.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Diagnóstico Precoce, Alzheimer, Parkinson, Esclerose Múltipla.



1 INTRODUÇÃO

O diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas como Alzheimer, Parkinson e esclerose múltipla é uma prioridade na medicina moderna, dado o impacto significativo dessas condições na qualidade de vida dos pacientes e nos sistemas de saúde. Estas doenças frequentemente apresentam sintomas iniciais inespecíficos, o que pode retardar o início de tratamentos que poderiam melhorar a progressão clínica e o prognóstico.

Nos últimos anos, o avanço da inteligência artificial (IA) tem revolucionado a área da saúde, oferecendo ferramentas que permitem análises mais rápidas, precisas e sensíveis de dados complexos. Algoritmos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo têm mostrado grande potencial na identificação de padrões ocultos em neuroimagens, biomarcadores e dados clínicos, superando muitas vezes a precisão dos métodos tradicionais (MEHTA et al., 2023). Isso pode abrir caminho para diagnósticos mais rápidos e tratamentos personalizados, reduzindo a carga das doenças neurodegenerativas na sociedade.

A progressão das doenças neurodegenerativas é um desafio crescente em virtude do envelhecimento populacional global. O diagnóstico precoce é essencial para implementar intervenções terapêuticas que possam retardar a progressão das condições, preservar a funcionalidade do paciente e melhorar sua qualidade de vida. Contudo, os métodos diagnósticos tradicionais muitas vezes apresentam limitações em termos de sensibilidade e especificidade, especialmente nas fases iniciais das doenças.

A aplicação de algoritmos baseados em IA representa uma abordagem inovadora, com potencial para transformar a prática clínica. Esses algoritmos são capazes de processar grandes volumes de dados de forma eficiente, fornecendo insights clínicos que seriam difíceis de identificar manualmente. Apesar do crescente número de estudos sobre o tema, ainda há uma necessidade de consolidar as evidências disponíveis para compreender plenamente o impacto, as limitações e as perspectivas futuras dessas tecnologias.

Este trabalho teve como objetivo revisar as evidências disponíveis sobre o uso de algoritmos de inteligência artificial no diagnóstico precoce de Alzheimer, Parkinson e esclerose múltipla. A análise busca identificar as principais contribuições, os avanços tecnológicos e as limitações desses métodos, além de discutir seu papel no futuro da medicina diagnóstica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O uso de algoritmos de aprendizado profundo (Deep Learning - DL) e aprendizado de máquina (Machine Learning - ML) tem revolucionado o campo da medicina, especialmente no diagnóstico de doenças neurodegenerativas como Alzheimer, Parkinson e esclerose múltipla. Essas tecnologias

permitem a análise de grandes volumes de dados complexos, identificando padrões sutis que podem escapar à observação humana (UFPEL, 2021).

As redes neurais convolucionais (Convolutional Neural Networks - CNNs) destacam-se na análise de neuroimagens. Sua capacidade de reconhecer padrões em imagens médicas, como ressonâncias magnéticas e tomografias, facilita a detecção precoce de alterações cerebrais associadas a doenças neurodegenerativas (UFPEL, 2021). No diagnóstico da doença de Alzheimer, as CNNs têm sido utilizadas para identificar atrofias em regiões específicas do cérebro, permitindo uma detecção mais precoce e precisa da doença.

Além das CNNs, algoritmos como a regressão logística e as florestas aleatórias (random forests) são amplamente aplicados na análise de biomarcadores. Para Researchgate (2021), esses métodos estatísticos e de aprendizado de máquina permitem a integração de diversos dados clínicos e laboratoriais, auxiliando na construção de modelos preditivos para o diagnóstico de doenças neurodegenerativas. A combinação de dados de neuroimagem com biomarcadores específicos, analisados por meio de algoritmos de ML, tem mostrado eficácia na distinção entre diferentes tipos de demência.

Estudos recentes indicam que abordagens multimodais, que combinam diferentes tipos de dados, oferecem maior acurácia no diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas. Segundo Torres et al. (2024), a integração de dados de neuroimagem, biomarcadores e informações clínicas por meio de algoritmos de IA permite uma análise mais abrangente e precisa. Por exemplo, na doença de Parkinson, a combinação de imagens cerebrais com dados clínicos e genéticos, analisados por algoritmos de ML, tem melhorado a precisão diagnóstica.

No contexto da esclerose múltipla, a IA também tem mostrado potencial significativo. Algoritmos de ML têm sido utilizados para analisar imagens de ressonância magnética, identificando lesões características da doença e auxiliando no monitoramento da progressão. Além disso, a análise de dados clínicos e laboratoriais por meio de ML tem contribuído para a previsão de surtos e resposta ao tratamento em pacientes com esclerose múltipla (CNCB MED, 2023). Estudos recentes apontam que abordagens multimodais, que combinam diferentes tipos de dados, oferecem maior acurácia no diagnóstico precoce de Alzheimer (RUIZ et al., 2022) e Parkinson (ZHANG et al., 2021).

Em resumo, a aplicação de algoritmos de DL e ML no diagnóstico de doenças neurodegenerativas representa um avanço significativo na medicina moderna. A capacidade dessas tecnologias de integrar e analisar múltiplas fontes de dados proporciona diagnósticos mais precoces e precisos, possibilitando intervenções terapêuticas mais eficazes e melhorando a qualidade de vida dos pacientes.

3 METODOLOGIA

A presente revisão integrativa foi conduzida de acordo com as diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), visando garantir a transparência e a replicabilidade do processo de pesquisa. As buscas bibliográficas foram realizadas nas principais bases de dados científicas PubMed, IEEE Xplore e Scopus, abrangendo o período de 2013 a 2023, para garantir que os estudos selecionados refletissem as inovações mais recentes no uso de algoritmos de inteligência artificial (IA) no diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer, Parkinson e esclerose múltipla.

Foram utilizados os seguintes descritores nas buscas: “Artificial Intelligence,” “Early Diagnosis,” “Alzheimer Disease,” “Parkinson Disease,” e “Multiple Sclerosis.” A seleção dos estudos foi orientada por critérios de inclusão e exclusão rigorosos. Foram incluídos apenas artigos originais que aplicaram algoritmos de IA ao diagnóstico precoce dessas doenças, com validação clínica ou experimental dos resultados. Além disso, apenas estudos publicados em inglês, português ou espanhol foram considerados, visando uma análise mais abrangente e inclusiva da literatura científica disponível. Estudos que não abordaram o uso de algoritmos de IA ou que focaram principalmente em tratamentos, em vez de diagnóstico precoce, foram excluídos da revisão.

A estratégia de busca foi realizada em duas etapas: a primeira consistiu na análise dos títulos e resumos dos artigos encontrados, a fim de filtrar aqueles que atendiam aos critérios de inclusão. Na segunda etapa, os artigos selecionados foram analisados na íntegra para confirmar sua relevância para o objetivo da revisão. Durante todo o processo, foi mantido um rigoroso controle de qualidade para garantir a validade e a confiabilidade das fontes incluídas.

A análise dos estudos selecionados foi conduzida de forma qualitativa, destacando os métodos e algoritmos utilizados, os tipos de dados analisados (como neuroimagens, biomarcadores e dados clínicos), bem como os resultados e limitações apresentados. Além disso, foi realizada uma avaliação crítica das abordagens multimodais, que combinam diferentes tipos de dados, e sua eficácia no diagnóstico precoce das doenças neurodegenerativas em questão.

Por fim, os dados foram organizados e apresentados de maneira sistemática, com ênfase na comparação dos diferentes algoritmos de IA aplicados em cada uma das doenças, a fim de proporcionar uma visão abrangente e atualizada sobre o uso da inteligência artificial no diagnóstico precoce dessas condições.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão integrativa revelou importantes avanços na aplicação de algoritmos de inteligência artificial (IA) para o diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer, Parkinson e esclerose múltipla. Esses avanços indicam um potencial crescente para melhorar a precisão e a

agilidade no diagnóstico dessas doenças, que são desafiadoras devido à complexidade dos sintomas iniciais e à falta de biomarcadores claros. O uso de IA para análise de grandes volumes de dados tem sido uma ferramenta promissora na detecção de padrões sutis e na antecipação do início dessas condições, possibilitando intervenções mais rápidas e personalizadas. A seguir, discutiremos os principais achados relacionados a cada uma das doenças e os desafios associados a essa tecnologia.

Em relação à doença de Alzheimer, um dos achados mais significativos foi o uso de Redes Neurais Convolucionais (CNNs), aplicadas a neuroimagens como ressonância magnética (RM) e tomografias por emissão de pósitrons (PET scans). Diversos estudos indicam que essas redes neurais são capazes de identificar padrões sutis de atrofia cerebral, com uma acurácia superior a 90%, ultrapassando a capacidade dos métodos tradicionais de diagnóstico (IEEE, 2023). As CNNs, ao analisar imagens de ressonância magnética, conseguem detectar alterações cerebrais que podem preceder o aparecimento de sintomas clínicos evidentes, um ponto crucial para o diagnóstico precoce da doença.

Além disso, a combinação de dados de neuroimagem com informações clínicas e genéticas tem mostrado ser uma estratégia promissora. A integração de variáveis como histórico familiar, exames laboratoriais e dados clínicos, tem permitido que as abordagens multimodais não só aumentem a precisão diagnóstica, mas também melhorem a capacidade de prever a progressão da doença. Esse tipo de abordagem integrativa é crucial, pois a doença de Alzheimer tem uma natureza insidiosa, com sintomas que se manifestam de forma gradual e muitas vezes imperceptível nos estágios iniciais. O uso de IA, portanto, não apenas facilita a detecção precoce, mas também melhora o prognóstico ao permitir intervenções mais oportunas e personalizadas. Contudo, a implementação clínica dessa abordagem ainda enfrenta barreiras significativas, como a necessidade de padronização dos métodos de coleta de dados e a adequação dos profissionais de saúde para interpretar os resultados (LIU et al., 2023). A capacitação dos profissionais para a interpretação dos resultados obtidos através dos algoritmos de IA é fundamental para a aceitação e aplicação desses modelos no dia a dia clínico.

A aplicação de algoritmos para o diagnóstico precoce de Parkinson também tem mostrado resultados notáveis, especialmente no uso de sinais vocais e tremores. A análise de sinais vocais tem se mostrado particularmente útil, uma vez que a doença de Parkinson frequentemente afeta a fala e a articulação, mesmo em estágios iniciais da doença. Um estudo realizado por Zhang et al. (2024) demonstrou que algoritmos de aprendizado profundo podem detectar alterações motoras mínimas, com sensibilidade variando entre 85% e 92%. Esse nível de sensibilidade é crucial para um diagnóstico inicial, quando as mudanças clínicas ainda são discretas e podem ser facilmente confundidas com outras condições ou ignoradas pelos profissionais de saúde. A detecção precoce permite que os pacientes comecem a receber tratamentos que retardem a progressão da doença e melhorem sua qualidade de vida.

O uso de IA para a análise de tremores e sinais motores também tem se expandido para o monitoramento remoto dos pacientes. Sensores de tremores, integrados a dispositivos móveis, têm mostrado grande potencial para realizar diagnósticos contínuos e mais precisos. A possibilidade de monitoramento em tempo real, fora do ambiente hospitalar, é uma solução de baixo custo que também permite que o acompanhamento dos pacientes seja mais dinâmico e menos oneroso. Porém, a implementação desses algoritmos ainda enfrenta desafios, especialmente relacionados à variabilidade dos dados coletados, já que fatores como ambiente, estado emocional do paciente e outros podem interferir nas medições. Para Tian et al. (2023), a necessidade de validação em larga escala também é uma preocupação central, pois, embora os resultados iniciais sejam promissores, eles ainda precisam ser confirmados em estudos multicêntricos e com populações maiores para garantir sua aplicabilidade clínica.

No caso da esclerose múltipla, a IA tem mostrado grande potencial na detecção precoce de lesões cerebrais, características típicas dessa condição. Modelos que integram dados de ressonância magnética com perfis imunológicos estão demonstrando alta precisão na identificação das lesões, o que permite um acompanhamento mais eficaz da evolução da doença. Segundo Ruiz et al. (2024), a combinação de dados clínicos, imunológicos e de neuroimagem tem possibilitado não apenas a detecção precoce das lesões, mas também uma visão mais detalhada sobre a dinâmica da progressão da doença. Essa abordagem multimodal não só melhora a acurácia do diagnóstico, mas também oferece informações prognósticas que podem ajudar os médicos a adaptar os tratamentos de forma mais eficaz.

A detecção precoce das lesões cerebrais é especialmente relevante, pois permite uma intervenção mais precoce com terapias imunomoduladoras, que são frequentemente utilizadas no tratamento de esclerose múltipla. Essa intervenção precoce pode prevenir ou retardar danos permanentes, melhorando significativamente a qualidade de vida dos pacientes. No entanto, tal como ocorre com as outras condições neurodegenerativas, os algoritmos utilizados para analisar essas lesões ainda precisam ser refinados para lidar com a heterogeneidade dos dados clínicos. A variabilidade nas imagens de ressonância magnética, devido a diferentes aparelhos ou protocolos de imagem, representa um desafio adicional para a criação de modelos universais e confiáveis (RUIZ et al., 2022).

Apesar dos avanços, diversos desafios permanecem na implementação da IA no diagnóstico precoce dessas doenças neurodegenerativas. A falta de padronização nos bancos de dados utilizados para treinar os algoritmos continua sendo um obstáculo significativo. A diversidade de protocolos de imagem, a variabilidade entre equipamentos de ressonância magnética e a falta de uniformidade nos métodos de coleta de dados dificultam a criação de modelos de IA robustos e generalizáveis. Isso limita a capacidade dos algoritmos de se adaptarem a diferentes contextos clínicos e populações, afetando sua aplicabilidade universal.

Além disso, a falta de uma interpretação clara dos resultados gerados pelos algoritmos de IA levanta questões éticas e práticas. A IA, muitas vezes, funciona como uma “caixa preta”, dificultando a explicação do raciocínio por trás das decisões tomadas. Isso gera um desafio significativo para os profissionais de saúde, que podem hesitar em adotar essas tecnologias sem uma compreensão mais aprofundada de como as conclusões são obtidas. A confiança do médico nos resultados do algoritmo é crucial para sua adoção no ambiente clínico, e isso só será possível se os algoritmos forem capazes de fornecer explicações compreensíveis para suas recomendações.

Outro desafio importante é a validação clínica em larga escala. Embora os resultados dos estudos selecionados sejam promissores, a maioria deles é limitada a amostras pequenas ou dados limitados. A validação dos algoritmos em grandes coortes de pacientes e em diversos cenários clínicos é essencial para garantir que os modelos sejam eficazes e confiáveis quando aplicados na prática clínica real. A ausência de estudos multicêntricos e com amostras diversificadas limita a capacidade de generalização dos resultados.

5 CONCLUSÃO

Em síntese, a utilização de algoritmos de inteligência artificial (IA) para o diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer, Parkinson e esclerose múltipla, tem se mostrado promissora, trazendo benefícios substanciais em termos de precisão, agilidade e personalização do diagnóstico. Esses avanços possibilitam uma detecção mais precoce, fundamental para o início de tratamentos que podem alterar o curso dessas doenças. Além disso, as abordagens multimodais, que integram dados de neuroimagem, sinais clínicos e informações genéticas, têm apresentado resultados significativos, aumentando a sensibilidade e a acurácia diagnóstica, e melhorando a capacidade de monitorar a progressão das doenças.

No entanto, apesar do progresso, ainda há obstáculos técnicos e clínicos a serem superados. A padronização dos dados é uma das principais limitações, pois os modelos de IA dependem de grandes quantidades de dados de alta qualidade para treinamento. A heterogeneidade dos dados clínicos e de neuroimagem, combinada com a falta de padrões consistentes, pode comprometer a eficácia e a generalização dos modelos. Além disso, a complexidade e a “caixa preta” dos algoritmos, que dificultam a interpretação clara dos resultados, representam um desafio significativo. Embora a IA seja capaz de identificar padrões complexos, a falta de explicabilidade pode gerar hesitação entre os profissionais de saúde, que podem não compreender completamente como as conclusões são alcançadas.

Outro ponto crítico é a validação em larga escala. Muitos estudos existentes ainda são limitados em termos de amostras e da diversidade das populações analisadas, o que dificulta a extrapolação dos

resultados para a prática clínica generalizada. A falta de validação robusta em diferentes cenários clínicos pode resultar em incertezas sobre a aplicabilidade real dessas tecnologias.

Este estudo possui algumas limitações. Primeiramente, a inclusão de estudos realizados até 2023 pode não refletir as inovações mais recentes na área da IA aplicada ao diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas. Além disso, a análise foi restrita a três bases de dados principais, o que pode ter excluído estudos relevantes publicados em outras fontes. Outro aspecto importante é a ausência de uma avaliação aprofundada dos métodos de validação clínica utilizados nos estudos selecionados, o que limita a análise sobre a aplicabilidade prática dos algoritmos.

Dado o potencial promissor da IA, há várias direções para futuras pesquisas na área. Primeiramente, estudos que envolvam a padronização de bancos de dados e a criação de conjuntos de dados amplos e diversificados são fundamentais para o avanço das técnicas de IA. A coleta de dados clínicos e de neuroimagem de populações diversas ajudará a superar o problema da falta de generalização dos modelos. Além disso, é crucial a implementação de técnicas de explicabilidade nos algoritmos, a fim de proporcionar maior transparência e confiança aos profissionais de saúde que utilizarão essas ferramentas.

Outra área importante para investigação é a validação em larga escala dos modelos de IA em contextos clínicos reais. Ensaio clínicos multicêntricos e estudos longitudinais são necessários para validar a eficácia dos modelos em diferentes estágios da doença e em diversas condições clínicas. A integração de IA com dispositivos de monitoramento remoto, como wearables para Parkinson e Alzheimer, também merece maior atenção, pois pode oferecer um diagnóstico contínuo e em tempo real, potencializando a detecção precoce.

Finalmente, é necessário que a pesquisa se concentre no desenvolvimento de algoritmos que sejam não apenas precisos, mas também acessíveis e implementáveis na prática clínica diária. Isso inclui a criação de plataformas de IA que se integrem facilmente aos sistemas de saúde existentes e a capacitação de profissionais de saúde para interpretar e usar essas tecnologias de forma eficaz. Tais abordagens garantirão que o diagnóstico precoce, facilitado pela IA, seja realmente acessível a todos os pacientes que dele necessitam.

Em suma, embora existam desafios a serem enfrentados, o campo da inteligência artificial no diagnóstico de doenças neurodegenerativas possui um grande potencial para transformar a medicina, proporcionando diagnósticos mais rápidos, precisos e personalizados, e melhorando os resultados para os pacientes a longo prazo.



REFERÊNCIAS

- CNCB MED. Como a inteligência artificial está revolucionando a neurologia. 2023. Disponível em: <https://cncb.med.br/como-a-inteligencia-artificial-esta-revolucionando-a-neurologia>. Acesso em: 02 dez. 2024.
- IEEE. Deep learning algorithms for early Alzheimer's diagnosis. IEEE Conference Publication. 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10331657>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- LIU, W. et al. Multimodal deep learning for early diagnosis of Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, v. 82, n. 2, p. 445-458, 2023.
- MEHTA, A.; SMITH, T. Machine learning in neurodegenerative diseases. *Journal of Neurology*, v. 269, n. 8, p. 2023-2035, 2023.
- RESEARCHGATE. Inteligência artificial no diagnóstico de doenças neurodegenerativas: uma revisão sistemática de literatura. 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/354548679>. Acesso em: 06 dez. 2024.
- RUIZ, J. et al. Inteligência artificial na Neurologia: Como a IA está transformando o diagnóstico da esclerose múltipla. *Medcetera*. 2024. Disponível em: <https://medcetera.com.br>. Acesso em: 02 dez. 2024.
- RUIZ, P. et al. Multimodal AI for early diagnosis of multiple sclerosis. *NeuroImage*, v. 28, n. 1, p. 30-42, 2022.
- TIAN, Y.; LIU, X.; WANG, J. et al. Multicenter Validation of Artificial Intelligence Algorithms for Neurodegenerative Diseases: Challenges and Perspectives. *Journal of Medical Artificial Intelligence*, v. 6, n. 2, p. 112-125, 2023.
- TORRES, T. M. et al. Uso do algoritmo da inteligência artificial no diagnóstico por imagem de doenças neurodegenerativas: uma revisão sistemática. *Ciências da Saúde*, Volume 28 – Edição 133/ABR 2024. Disponível em: <https://revistaft.com.br/uso-do-algoritmo-da-inteligencia-artificial-no-diagnostico-por-imagem-de-doencas-neurodegenerativas-uma-revisao-sistematica>. Acesso em: 04 dez. 2024.
- UFPEL. Universidade Federal de Pelotas. Inteligência artificial e o diagnóstico precoce de doenças neurodegenerativas. 2021. Disponível em: <https://institucional.ufpel.edu.br/projetos/id/u2139>. Acesso em: 04 dez. 2024.
- ZHANG, W. et al. Deep learning applications in Parkinson's disease. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 360, p. 109-118, 2021.
- ZHANG, X. et al. Artificial intelligence in Parkinson's disease: Early detection and progression assessment. *Frontiers in Neurology*, v. 12, p. 789, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>. Acesso em: 02 dez. 2024.