


PROGNÓSTICO DE DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO DE ALZHEIMER, PARKINSON E ESCLEROSE MÚLTIPLA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-167>

Data de submissão: 15/03/2025

Data de publicação: 15/04/2025

Bruna Soares Mucoucah

Graduando em Medicina
Universidade de São Caetano do Sul
E-mail: brubssoares34@gmail.com

Almir Rodrigues Tavares

Doutoranda em Engenharia Biomédica
Universidade de Mogi das Cruzes
E-mail: almir.rodrigues.tavares@gmail.com

Gabriely Gomes de Sá

Graduando em Medicina
Universidade de Mogi das Cruzes
E-mail: gabigdesa@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/.0009-0001-7828-9348>

Vitória Lorrani dos Santos

Graduando em Biomedicina
Universidade de Mogi das Cruzes
E-mail: vitorialorrani.santos@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6948-3414>

Cleber Silva de Oliveira

Doutoramento em Engenharia Biomédica
Universidade de Mogi das Cruzes
E-mail: cleber@ifsp.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1407-1382>

Thiago de Souza Franco

Mestrado em Engenharia Biomédica
Universidade de Mogi das Cruzes
E-mail: thiagofrancofisio@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6673-0504>

Antonio Jose da Rocha

Doutoramento em Radiologia Clínica
Santa Casa de Medicina de São Paulo
E-mail: a.rocha@uol.com.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2591-9171>

Marcia Aparecida Silva Bissaco

Doutoramento em Física Computacional
Universidade de Mogi das Cruzes
E-mail: marciab@umc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3219-2567>

RESUMO

Introdução: Doenças neurodegenerativas, como Alzheimer, Parkinson e Esclerose Múltipla, causam perda progressiva de neurônios e função cognitiva. A doença de Alzheimer é a mais comum, afetando principalmente os idosos, enquanto o Parkinson causa problemas motores e afeta todas as etnias. A Esclerose Múltipla tem uma taxa de sobrevivência de até 30 anos, sendo a idade o principal fator de risco. O diagnóstico precoce é desafiador

devido ao alto custo dos exames, mas o uso de inteligência artificial em neuroimagem pode melhorar o diagnóstico e o prognóstico, oferecendo uma melhor qualidade de vida aos pacientes. Objetivo: Diante do crescente número de doenças neurodegenerativas, especialmente a Doença de Alzheimer, este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do uso da inteligência artificial para o diagnóstico e prognóstico de futuros pacientes. Método: Trata-se de uma revisão da literatura sobre o uso de inteligência artificial em neuroimagem para diagnóstico precoce e melhor prognóstico. Foram utilizadas bases de dados como PubMed e Arxiv, com palavras-chave como Alzheimer, Parkinson, Esclerose Múltipla, deep learning e inteligência artificial, abrangendo os anos de 2014 a 2024. Resultados: Com base na análise dos estudos selecionados, observou-se que a Doença de Alzheimer é a patologia mais prevalente na população atual, e a inteligência artificial, aliada à neuroimagem, pode facilitar um diagnóstico mais eficaz e precoce. Conclusão: Concluiu-se que, apesar de promissor, o uso da inteligência artificial em neuroimagem ainda requer extensas pesquisas e avanços nesse amplo campo.

Palavras-chave: Doenças Neurodegenerativas. Alzheimer. Parkinson. Esclerose múltipla. Aprendizado profundo. IA.

1 INTRODUÇÃO

As doenças neurodegenerativas são patologias resultantes da morte e/ou disfunção progressiva de neurônios no sistema nervoso, desencadeadas por fatores genéticos, ambientais e emocionais. Consequentemente, há uma perda progressiva e irreversível das habilidades cognitivas e funcionais no organismo. Nesse contexto, as principais doenças identificadas são Alzheimer, Parkinson e Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA). Enquanto os dois primeiros tendem a afetar mais a população idosa, o segundo impacta os indivíduos durante seus anos mais produtivos (SOUSA, 2022).

A Doença de Alzheimer (DA) é atualmente a mais comum, representando 80% dos casos. Ocorre devido ao comprometimento cognitivo nos indivíduos, com dificuldades em armazenar novas informações e relembrar eventos passados (APOLINÁRIO, 2011). Possui características progressivas e insidiosas, piorando com o envelhecimento e interferindo na vida diária. Sua fase pré-clínica inicia-se por volta da quarta década de vida, sendo o sexo feminino e a idade acima de 65 anos fatores de risco significativos (SOUSA, 2022).

Além disso, a doença de Parkinson ocorre devido à morte de neurônios dopaminérgicos na substância negra, afetando aproximadamente 200 pessoas por 100.000 indivíduos. Essa doença pode levar a incapacidade grave em até 15 anos de prognóstico (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017). Ao contrário da DA, sua prevalência é universal, afetando todas as etnias igualmente. Os sintomas incluem bradicinesia, comprometimento motor inicialmente unilateral, distonia, tremores de repouso, hiposmia, entre outros (COUTO, 2023).

Outra doença degenerativa é a Esclerose Múltipla, que afeta o sistema nervoso central, composto pela medula espinhal e pelo cérebro. A maioria dos casos é esporádica e autossômica dominante, com taxa de sobrevivência de até 30 anos. A idade é o fator de risco mais prevalente entre os indivíduos (MARQUES, 2023).

Em resumo, as doenças degenerativas raramente são diagnosticadas precocemente, pois o diagnóstico é baseado na avaliação clínica e em exames de imagem de alto custo, resultando em um prognóstico desfavorável. Assim, surge o uso da inteligência artificial aliada à neuroimagem, visando proporcionar o diagnóstico precoce da patologia e, consequentemente, melhorar a qualidade de vida dos indivíduos, oferecendo um prognóstico mais detalhado e antecipado tanto para o paciente quanto para sua família.

2 OBJETIVO

Diante do crescente número de doenças neurodegenerativas, especialmente a Doença de Alzheimer, este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do uso de inteligência artificial para o diagnóstico e prognóstico de futuros pacientes.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada a partir do segundo semestre de 2024, e os termos escolhidos foram considerados relevantes pelos autores desta revisão de literatura sobre o uso de inteligência artificial em exames de imagem para a detecção precoce de doenças neurodegenerativas e seu melhor prognóstico. A pesquisa foi baseada nas bases de dados PubMed e Arxiv, com filtros de data de publicação entre 2014 e 2024.

1. **Primeira pesquisa:** Realizada no PubMed. As palavras-chave utilizadas foram "doenças neurodegenerativas e Alzheimer e inteligência artificial". Os filtros aplicados foram artigos em inglês, português e espanhol, apenas revisões de literatura e um período de 10 anos entre 2014 e 2024. Isso resultou em um total de 20 artigos, dos quais 8 foram excluídos por não se alinharem com o tema da revisão.
2. **Segunda pesquisa:** Realizada no Arxiv. As palavras-chave utilizadas foram "esclerose múltipla e aprendizado profundo". Os filtros aplicados foram artigos em inglês, português e espanhol, apenas revisões de literatura e um período de 10 anos entre 2014 e 2024. Isso resultou em um total de 6 artigos, dos quais 2 foram excluídos por não se alinharem com o tema proposto.
3. **Terceira pesquisa:** Realizada no Arxiv. As palavras-chave usadas foram "parkinson e aprendizado profundo". Os filtros aplicados foram artigos em inglês, português e espanhol, apenas revisões de literatura e um período de 10 anos entre 2014 e 2024. Isso resultou em um total de 20 artigos, dos quais 14 foram excluídos por não se alinharem com o tema proposto.
4. **Quarta pesquisa:** Realizada no Arxiv. As palavras-chave utilizadas foram "esclerose múltipla e ressonância magnética". Os filtros aplicados foram artigos em inglês, português e espanhol, apenas revisões de literatura e um período de 10 anos entre 2014 e 2024. Isso resultou em um total de 15 artigos, dos quais 5 foram excluídos por não se alinharem com o tema proposto.

4 RESULTADOS

Os resultados das quatro pesquisas realizadas são descritos abaixo. Utilizando as palavras-chave "deep learning", "MRI", "neurodegenerative diseases" e "artificial intelligence", é possível observar que, desde 2020, os estudos nessa área cresceram de forma constante, tornando-se um tema importante na atualidade. Tornou-se necessário o uso de filtros adicionais, como "Alzheimer", "Parkinson" e "esclerose múltipla", pois essas são as patologias mais prevalentes do sistema nervoso central e periférico.

Tabela 1: Resultados da pesquisa

Autor Ano / Local	Título do artigo	Principais conclusões
Chang C. et al / 2021 / Suíça	Aprendizado de máquina e novos biomarcadores para o diagnóstico da doença de Alzheimer	A Doença de Alzheimer é marcada por memória progressiva e perda cognitiva, sendo a causa mais comum de demência. Novos métodos de diagnóstico estão sendo estudados, sendo a combinação de IA e neuroimagem a mais promissora.
Warren L. Samuel et al / 2023 / Austrália	Ressonância magnética funcional, aprendizado profundo e doença de Alzheimer: uma revisão sistemática	A DA é diagnosticada com testes psicológicos e observações clínicas, mas esses métodos não são os mais adequados e podem ser atualizados. Um exemplo promissor é o uso de ressonância magnética e IA.
Suppiah Subapriya et al / 2021 / Malásia	Poder diagnóstico da fMRI em estado de repouso para detecção de conectividade de rede na doença de Alzheimer e comprometimento cognitivo leve: uma revisão sistemática	A DA é uma doença neurodegenerativa caracterizada por declínio cognitivo progressivo. A ressonância magnética funcional em estado de repouso (rs-fMRI) é uma ferramenta de neuroimagem usada para estudar aberrações na atividade funcional de diferentes redes cerebrais.
Orellana Paulina et al / 2023 / Chile	Revisão sistemática: biomarcadores fluidos e métodos de aprendizado de máquina para melhorar o diagnóstico de comprometimento cognitivo leve à doença de Alzheimer	O comprometimento cognitivo é considerado um estágio precursor da demência. Vários testes psicológicos e cognitivos são usados, juntamente com neuroimagem e biomarcadores, com o objetivo de integrar a inteligência artificial a esses métodos.
Bahr T et al. / 2024 / Estados Unidos	Algoritmos de aprendizado profundo e aprendizado de máquina para análise de imagens de retina em doenças neurodegenerativas: revisão sistemática de conjuntos de dados e modelos	As imagens da retina contêm informações ricas sobre biomarcadores para doenças neurodegenerativas. Modelos de deep learning têm sido utilizados para o diagnóstico automatizado de doenças neurodegenerativas e predição de risco, com bons resultados.
Agarwal, D. et al. / 2021 / Suíça	Transferência de Aprendizagem para a Doença de Alzheimer por meio de Biomarcadores de Neuroimagem: Uma Revisão Sistemática	Desde 2017, a IA e a neuroimagem foram integradas e usadas para detectar sinais precoces de demência e doenças degenerativas.
Wang Yi-zhe et al. / 2024 / China	Revolucionando o diagnóstico precoce da doença de Alzheimer e comprometimento cognitivo leve: uma meta-análise de	O diagnóstico precoce da doença de Alzheimer e outras demências continua sendo um desafio para a sociedade, principalmente devido aos métodos

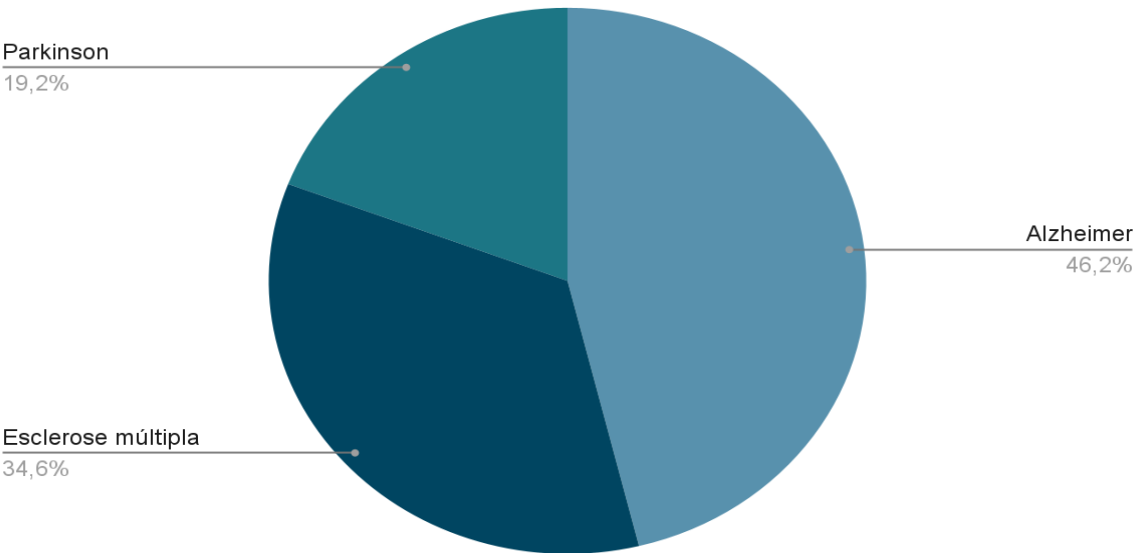
Autor Ano / Local	Título do artigo	Principais conclusões
	ressonância magnética de aprendizado profundo	diagnósticos desatualizados. A combinação de IA e ressonância magnética torna-se uma ferramenta essencial para detecção rápida e melhor prognóstico.
Moreno Sylvain et al. / 2023 / Canadá	Neuroimagem e aprendizado de máquina para o estudo dos caminhos do comprometimento cognitivo leve à doença de Alzheimer: uma revisão sistemática	A DA pode começar até 20 anos antes de atingir seu pico. A combinação de IA e ressonância magnética deve ser mais estudada antes de ser implementada na prática médica para diagnóstico.
Viejo-Sobera Raquel et al. / 2021 / Espanha	Métodos de aprendizado de máquina para prever a progressão do comprometimento cognitivo leve para a demência da doença de Alzheimer: uma revisão sistemática	O uso de IA e ressonância magnética permite a visualização precoce das estruturas afetadas pela doença, permitindo que a medicina retarde a progressão da perda cognitiva.
Mei Jie et al. / 2021 / Alemanha	Aprendizado de máquina para o diagnóstico da doença de Parkinson: uma revisão da literatura	A doença de Parkinson é diagnosticada principalmente por meio de parâmetros clínicos, mas a combinação de IA com biomarcadores, como neuroimagem, pode permitir o diagnóstico precoce.
Arya Akhilesh et al. / 2023 / Índia	Uma revisão sistemática sobre técnicas de aprendizado de máquina e aprendizado profundo no diagnóstico eficaz da doença de Alzheimer	A IA reconhece estruturas comprometidas de forma mais eficaz, permitindo uma análise mais precisa do prognóstico do paciente.
Rezaei Mitra et al. / 2021 / Irã	Aplicações de técnicas de aprendizado profundo para detecção automatizada de esclerose múltipla usando ressonância magnética: uma revisão	A esclerose múltipla é uma doença cerebral que causa problemas visuais, sensoriais e motores, com efeito prejudicial no funcionamento do sistema nervoso.
Tourdias Thomas et al. / 2021 / França	CÉREBRO DE LESÃO PROFUNDA: RUMO A UMA GENERALIZAÇÃO MAIS AMPLA DE APRENDIZADO PROFUNDO PARA SEGMENTAÇÃO DE LESÕES DE ESCLEROSE MÚLTIPLA	Os métodos de processamento de imagem baseados em deep learning têm mostrado um desempenho notável em muitas tarefas, incluindo a segmentação de lesões de Esclerose Múltipla.
Gessert Nils et al. / 2021 / Alemanha	4D Deep Learning para Segmentação da Atividade da Lesão de Esclerose Múltipla	A Esclerose Múltipla é uma doença crônica do sistema nervoso central que causa incapacidade progressivamente. A IA e a neuroimagem têm sido estudadas para melhorar a qualidade de vida.
Patel Sb et al. / Inglaterra	Desenvolvimento e validação de várias coortes de modelos de aprendizado profundo 2D e 3D para classificação da doença de Parkinson baseada em ressonância magnética: uma análise comparativa de redes convolucionais de Kolmogorov-Arnold, redes neurais convolucionais e redes convolucionais de grafos	A Doença de Parkinson é uma das doenças neurodegenerativas mais comuns atualmente, caracterizada por sintomas motores. IA e neuroimagem estão sendo estudadas para obter um diagnóstico rápido.

Autor Ano / Local	Título do artigo	Principais conclusões
Frasca Maria et al. / 2024 / Itália	Prevendo a evolução da doença de Parkinson usando aprendizado profundo	A Doença de Parkinson afeta atualmente 1% da população mundial, com manifestações de sintomas motores. O diagnóstico por meio de neuroimagem e IA pode ser mais eficiente.
Huseyn Elcin / Azerbaijão	Diagnóstico precoce da doença de Parkinson baseado em aprendizado profundo	A Doença de Parkinson apresenta sintomas como tremores, causados pela perda gradual de neurônios dopaminérgicos na substância negra. A IA é uma ferramenta essencial para o diagnóstico.
Wingate James et al. / 2015 / Grécia	Uma abordagem unificada de aprendizado profundo para previsão da doença de Parkinson	A pesquisa estuda o uso de IA e neuroimagem para o diagnóstico precoce do Parkinson.
Wang Jueqi et al. / 2019 / Canadá	Estimativa / Síntese de Ressonância Magnética de Recuperação de Inversão Atenuada por Fluido Longitudinal Temporalmente Ajustável para Esclerose Múltipla	A esclerose múltipla é uma doença crônica causada por lesões na substância branca do cérebro. O estudo busca entender o uso de IA e neuroimagem.
Durso-Finley Joshua et al. / 2022 / Canadá	Previsão personalizada da atividade futura da lesão e efeito do tratamento na esclerose múltipla a partir da ressonância magnética basal	A Esclerose Múltipla requer diagnóstico precoce para a estabilização do melhor tratamento. IA e neuroimagem são essenciais.
La Rosa Francesco et al / 2020 / Suíça	Deteção automatizada de lesões corticais em pacientes com esclerose múltipla com ressonância magnética 7T	A Esclerose Múltipla é uma doença desmielinizante que afeta o sistema nervoso central. O estudo analisa o uso da detecção de lesões corticais em neuroimagem.
Vincent Olivier et al. / 2020 / Canadá	Segmentação automática de lesões de esclerose múltipla espinhal: como generalizar entre contrastes de ressonância magnética?	A esclerose múltipla é uma doença autoimune que causa lesões corticais. A implementação linear em neuroimagem foi estudada para expandir o diagnóstico.
Aslani Shahab et al. / 2019 / Itália	Segmentação de lesão de esclerose múltipla invariante do scanner de ressonância magnética	O estudo analisa o uso de IA e neuroimagem para o diagnóstico de doenças neurodegenerativas.
Eitel Fabian et al. / 2019 / Alemanha	Descobrir decisões de redes neurais convolucionais para o diagnóstico de esclerose múltipla na ressonância magnética convencional usando propagação de relevância em camadas	A esclerose múltipla é a doença autoimune mais comum entre adultos jovens. O estudo visa usar IA e neuroimagem para diagnósticos precoces.
Salem Mostafa et al./ 2019 / Espanha	Síntese de lesões de esclerose múltipla em ressonância magnética usando um codificador-decodificador U-NET	O estudo visa gerar lesões sintéticas de esclerose múltipla em neuroimagem para aprimorar a IA para detecção de lesões.
Feng Yushan et al. / Estados Unidos	UMA REDE AUTO-ADAPTATIVA PARA SEGMENTAÇÃO DE LESÕES DE ESCLEROSE MÚLTIPLA A PARTIR DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA COM MÚLTIPLOS	A IA e a neuroimagem são promissoras em termos de diagnóstico e prognóstico, mas é necessário um maior refinamento dessa ferramenta.

Autor Ano / Local	Título do artigo	Principais conclusões
	CONTRASTES COM VÁRIOS PROTOCOLOS DE IMAGEM	
Wei Wen et al. / 2018 / França	Aprendendo o conteúdo de mielina na esclerose múltipla da ressonância magnética multimodal por meio do treinamento contraditório	O estudo analisa o uso da neuroimagem e seu aprimoramento por meio da IA em termos de diagnóstico.
Roy Snehashis et al. / 2018 / Estados Unidos	Segmentação de lesões de esclerose múltipla a partir de ressonância magnética cerebral por meio de redes neurais totalmente convolucionais	A esclerose múltipla é uma doença autoimune que afeta a substância branca do cérebro, causando lesões. A IA facilita o diagnóstico precoce.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Artigos relacionados a doenças neurodegenerativas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

5 DISCUSSÃO

5.1 LIMITAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Dada a complexidade e variabilidade de doenças neurodegenerativas como a Doença de Parkinson e a Esclerose Múltipla, tem havido um interesse crescente na aplicação da Inteligência Artificial (IA) para auxiliar no seu diagnóstico e prognóstico. Vários modelos de IA, particularmente algoritmos de aprendizado profundo e aprendizado de máquina, foram desenvolvidos para analisar dados de neuroimagem e fornecer diagnósticos mais precisos e oportunos.

Modelo de IA	Doenças aplicadas	Vantagens	Limitações	Precisão estimada
Modelo de Segmento de Qualquer Coisa (SAM)	Parkinson, Esclerose Múltipla	Segmentação precisa da lesão, melhor diagnóstico precoce	Requer conjuntos de dados grandes e de alta qualidade para treinamento	85-90%
Redes Neurais Convolucionais (CNN)	Alzheimer, Parkinson	Excelente para reconhecimento de padrões em grandes volumes	Sensível ao ruído e requer imagens de alta resolução	80-85%
Deep Learning para lesões de EM	Esclerose múltipla	Eficaz para segmentação de lesões em imagens cerebrais de EM	Limitado pela qualidade das imagens de ressonância magnética usadas	87%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Esses modelos foram adaptados para lidar com desafios específicos de cada doença, incluindo a identificação de lesões características em exames de ressonância magnética e outras técnicas de neuroimagem. A integração da IA na prática clínica para doenças neurodegenerativas é promissora, mas ainda requer refinamento e validação em conjuntos de dados mais amplos.

5.2 DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS E SUA APRESENTAÇÃO CLÍNICA

As doenças neurodegenerativas são patologias que ocorrem devido à morte neuronal ao longo da vida do indivíduo afetado. Essas doenças causam atrofia em regiões específicas do cérebro, desencadeando sintomas irreversíveis e progressivos ao longo do tempo. O número de casos aumentou significativamente entre a população mundial nos últimos anos, sendo necessário discutir as doenças neurodegenerativas mais comuns na atualidade.

A Doença de Parkinson, por exemplo, afeta atualmente 1% da população global, com prevalência aumentando com a idade (FRASCA, 2024). É uma doença degenerativa e de progressão lenta, com sintomas primários relacionados a motores, como tremores, rigidez e bradicinesia, resultantes da perda gradual de neurônios dopaminérgicos na substância negra (PATEL, 2022). Sintomas como alterações de personalidade e depressão também ocorrem à medida que a doença progride. Em cerca de um terço dos pacientes, a demência se desenvolve em estágios posteriores, resultando na incapacitação do indivíduo em 15 anos.

A Esclerose Múltipla, por outro lado, é uma doença autoimune incurável que comumente afeta populações mais jovens (WANG, 2019). Essa patologia desmielinizante

se origina na substância branca do cérebro, causando lesões corticais que eventualmente afetam a substância cinzenta e a medula espinhal (LA ROSA, 2020). A expectativa de vida é de até 30 anos, pois a doença degenerativa afeta o sistema nervoso, prejudicando funções como fala, visão, coordenação motora e outras capacidades humanas essenciais.

5.3 ALZHEIMER E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM NEUROIMAGEM

A doença de Alzheimer é a patologia neurodegenerativa mais prevalente, conhecida como a doença do século 21. É a causa mais comum de demência entre a população idosa, com a probabilidade de desenvolvimento aumentando significativamente após os 65 anos (MORENO, 2023). A doença resulta da destruição progressiva e irreversível das células neuronais, desencadeando sintomas como memória progressiva e perda cognitiva, com um período médio de 20 anos até o pico de progressão.

O diagnóstico da Doença de Alzheimer geralmente é baseado na apresentação clínica do paciente, juntamente com exames de neuroimagem e avaliações como o Mini-Exame do Estado Mental, que avalia a função neurológica. No entanto, na maioria dos casos, não é fácil reconhecer as características da patologia em radiologia de forma rápida e eficiente, resultando em diagnóstico tardio. Esse atraso é crítico, pois a doença não tem cura, e o tratamento visa apenas retardar a progressão da patologia e preservar a funcionalidade mental (ARYA, 2023).

Considerando isso, novos estudos foram realizados nos últimos 10 anos, analisando os benefícios do uso da inteligência artificial em conjunto com a neuroimagem e a apresentação clínica. A IA pode reconhecer de forma mais eficaz as lesões características, facilitando a classificação e o estadiamento da doença em que o indivíduo está localizado (ARYA, 2023). Para isso, são necessários biomarcadores, vetores associados à radiologia e padrões de lesões encontrados em exames como tomografia computadorizada e ressonância magnética.

A criação de um vasto banco de dados é essencial para alimentar os algoritmos da inteligência artificial, permitindo reconhecer todos os padrões de imagem necessários (GRUESO, 2021). No entanto, esse é um desafio para a comunidade científica, pois, além de exigir uma grande quantidade de dados, é necessário priorizar e filtrar informações para potencializar a IA (WANG, 2024).

6 CONCLUSÃO

Em resumo, a inteligência artificial combinada com neuroimagem e avaliação clínica pode se tornar uma vantagem significativa em termos de diagnóstico e prognóstico para os pacientes no futuro. A IA facilitará a detecção precoce de doenças neurodegenerativas, particularmente a doença de Alzheimer, proporcionando mais tempo para os indivíduos se prepararem para essa nova fase e melhorarem sua qualidade de vida. No entanto, este é um estudo que requer tempo e dados de alta qualidade para o refinamento dessa tecnologia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAEP/UMC e ao PIBIC/CNPq pelo apoio e instrumentalização desta pesquisa, que pode ser útil para salvar vidas.

INTERESSES CONFLITANTES

Os autores declaram não haver interesses conflitantes.

REFERÊNCIAS

- Agarwal, D., Marques, G., de la Torre-Díez, I., Franco Martin, M. A., García Zapirain, B., & Martín Rodríguez, F. (2021). Transfer learning for Alzheimer's disease through neuroimaging biomarkers: A systematic review. *Sensors*, 21(21), Article 7259. <https://doi.org/10.3390/s21217259>
- Arya, A., & outros. (2023). A systematic review on machine learning and deep learning techniques in the effective diagnosis of Alzheimer's disease. *Brain Informatics*, 10(1), Article 17. <https://doi.org/10.1186/s40708-023-00195-4>
- Aslani, S., & outros. (2019). Scanner invariant multiple sclerosis lesion segmentation from MRI. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1910.10037>
- Bahr, T., Vu, T. A., Tuttle, J. J., & Iezzi, R. (2024). Deep learning and machine learning algorithms for retinal image analysis in neurodegenerative disease: Systematic review of datasets and models. *Translational Vision Science & Technology*, 13(2), Article 16. <https://doi.org/10.1167/tvst.13.2.16>
- Chang, C.-H., Lin, C.-H., & Lane, H.-Y. (2021). Machine learning and novel biomarkers for the diagnosis of Alzheimer's disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(5), Article 2761. <https://doi.org/10.3390/ijms22052761>
- Couto, L., & outros. (2023). Parkinson's disease: Epidemiology, clinical manifestations, risk factors, diagnosis, and treatment. *Brazilian Journal of Health Review*, 6(4), 18331–18342. <https://doi.org/10.34119/bjhrv6n4-466>
- Durso-Finley, J., & outros. (2022). Personalized prediction of future lesion activity and treatment effect in multiple sclerosis from baseline MRI. *Proceedings of Machine Learning Research*, 172, 1–20.
- Eitel, F., & outros. (2019). Uncovering convolutional neural network decisions for diagnosing multiple sclerosis on conventional MRI using layer-wise relevance propagation. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1904.08771>
- Feng, Y., & outros. (n.d.). A self-adaptive network for multiple sclerosis lesion segmentation from multi-contrast MRI with various imaging protocols. *arXiv*. Retrieved November 20, 2024, from [URL not provided].
- Frasca, M., & outros. (2024). Predicting Parkinson's disease evolution using deep learning. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2312.17290>
- Gessert, N., & outros. (2020). 4D deep learning for multiple sclerosis lesion activity segmentation. *Proceedings of Machine Learning for Medical Imaging*, 1–8.
- Huseyn, E. (n.d.). Deep learning based early diagnostics of Parkinson's disease. Azerbaijan State Oil and Industry University, Research Laboratory of Intelligent Control and Decision

Making Systems in Industry and Economics, Baku, Azerbaijan. Retrieved November 20, 2024, from [URL not provided].

La Rosa, F., & outros. (2020). Automated detection of cortical lesions in multiple sclerosis patients with 7T MRI. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2008.06613>

Mei, J., & outros. (2021). Machine learning for the diagnosis of Parkinson's disease: A review of literature. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13, Article 633752. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.633752>

Moreno, S., & outros. (2023). Neuroimaging and machine learning for studying the pathways from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease: A systematic review. *BMC Neurology*, 23(1), Article 309. <https://doi.org/10.1186/s12883-023-03323-4>

Orellana, P., & outros. (2023). Systematic review: Fluid biomarkers and machine learning methods to improve the diagnosis from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease. *Alzheimer's Research & Therapy*, 15(1), Article 133. <https://doi.org/10.1186/s13195-023-01274-7>

Patel, S. B., & outros. (n.d.). Multi-cohort development and validation of 2D and 3D deep learning models for MRI-based Parkinson's disease classification: A comparative analysis of convolutional Kolmogorov-Arnold networks, convolutional neural networks, and graph convolutional networks. Retrieved November 20, 2024, from [URL not provided].

Rezaei, M., & outros. (2021). Applications of deep learning techniques for automated multiple sclerosis detection using magnetic resonance imaging: A review. *Computers in Biology and Medicine*, 136, Article 104697. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2021.104697>

Roy, S., & outros. (2018). Multiple sclerosis lesion segmentation from brain MRI via fully convolutional neural networks. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1803.09172>

Salem, M., & outros. (2019). Multiple sclerosis lesion synthesis in MRI using an encoder-decoder U-NET. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1901.05915>

Suppiah, S., & outros. (2021). Diagnostic power of resting-state fMRI for detection of network connectivity in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: A systematic review. *Human Brain Mapping*, 42(9), 2941–2962. <https://doi.org/10.1002/hbm.25369>

Tourdias, T., & outros. (2021). Deep lesion brain: Towards a broader deep-learning generalization for multiple sclerosis lesion segmentation. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2107.12367>

Viejo-Sobera, R., & outros. (2021). Machine learning methods for predicting progression from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease dementia: A systematic review. *Alzheimer's Research & Therapy*, 13(1), Article 162. <https://doi.org/10.1186/s13195-021-00900-6>

Vincent, O., & outros. (2020). Automatic segmentation of spinal multiple sclerosis lesions: How to generalize across MRI contrasts? arXiv. <https://arxiv.org/abs/2006.02327>

Wang, J., & outros. (n.d.). Temporally adjustable longitudinal fluid-attenuated inversion recovery MRI estimation/synthesis for multiple sclerosis. Department of Computer Science, St Francis Xavier University, Canada. Retrieved November 20, 2024, from [URL not provided].

Wang, Y.-Z., & outros. (2024). Revolutionizing early Alzheimer's disease and mild cognitive impairment diagnosis: A deep learning MRI meta-analysis. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 82(8), 1–10. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1788277>

Warren, L. S., & outros. (2023). Functional magnetic resonance imaging, deep learning, and Alzheimer's disease: A systematic review. *Journal of Neuroimaging*, 33(1), 5–18. <https://doi.org/10.1111/jon.13063>

Wei, W., & outros. (2018). Learning myelin content in multiple sclerosis from multimodal MRI through adversarial training. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1804.08024>

Wingate, J., & outros. (2015). A unified deep learning approach for prediction of Parkinson's disease. *IET Digital Library*, 1–6. <https://doi.org/10.1049/iet-syb.2015.0042>