



## C A P Í T U L O 6

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA DE SUPORTE DIAGNÓSTICO NAS DOENÇAS DE PARKINSON E ALZHEIMER

### **Augusto Venâncio Oliveira**

Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos de Minas- UNIPAM, MG-Brasil.

### **Bernardo Alves de Amorim**

Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos de Minas- UNIPAM, MG-Brasil.

### **Igor Felipe de Lima**

Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos de Minas- UNIPAM, MG-Brasil.

### **Victor Augusto Vaz Silva**

Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos de Minas- UNIPAM, MG-Brasil.

### **Lilia Beatriz Oliveira**

Docente do Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos de Minas- UNIPAM, MG-Brasil.

### **Natália de Fátima Gonçalves Amâncio**

Docente do Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos de Minas- UNIPAM, MG-Brasil.

### **Priscila Capelari Orsolin**

Docente do Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos de Minas- UNIPAM, MG-Brasil.

As doenças neurodegenerativas (DN) constituem um grupo de condições que afetam os neurônios do cérebro humano. Como essas células do sistema nervoso, em geral, não podem ser regeneradas ou substituídas após a morte, sua degeneração leva a uma perda progressiva de função neuronal. Esse processo resulta em comprometimentos motores, como as ataxias, ou cognitivos, como as demências. Entre as doenças neurodegenerativas mais prevalentes, destacam-se a Doença de Alzheimer (DA) e a Doença de Parkinson (DP) (Gitler; Dhawan; Shorter, 2020). Tanto na DA quanto na DP, o avanço da idade é considerado o principal fator de risco. Com o aumento da expectativa de vida da população, a incidência dessas doenças tende a crescer progressivamente (Willis *et al.*, 2022).

A DA é caracterizada por uma perda progressiva da memória, afetando inicialmente as atividades básicas da vida diária (AVDs) e comprometendo gradualmente a autonomia do indivíduo até chegar à dependência total. Essa forma de demência atinge predominantemente a população idosa, tornando fundamental a presença de um cuidador para auxiliar nas AVDs (Marques *et al.*, 2022).

As alterações neuropatológicas podem ocorrer até duas décadas antes do surgimento dos primeiros sintomas clínicos da DA. Por essa razão, o rastreamento precoce por meio de biomarcadores laboratoriais e exames de neuroimagem torna-se fundamental para a identificação da doença em estágios iniciais. É importante que qualquer indivíduo idoso que apresente perda cognitiva significativa seja cuidadosamente avaliado, a fim de levantar a suspeita diagnóstica e possibilitar intervenções precoces (Araújo *et al.*, 2023).

A DP, por sua vez, possui etiologia ainda não totalmente esclarecida, porém estudos indicam que sua origem pode estar relacionada a uma combinação de fatores genéticos e ambientais que afetam a substância negra, uma estrutura localizada no sistema nervoso central responsável pelo controle dos movimentos (Willis *et al.*, 2022).

Diante da perda dos neurônios dopaminérgicos da substância negra há um possível comprometimento do lobo frontal, que explicaria a perda da memória operacional e desempenho de funções executivas observadas na DP. Quando os sintomas da DP se iniciam, estima-se que 60% desses neurônios já foram degradados (Bloem; Okun; Klein, 2021).

Em pacientes com doenças neurodegenerativas, exames demonstraram uma redução da atividade mitocondrial, resultando em menor produção de ATP. Essa disfunção mitocondrial provoca acúmulo de radicais livres e aumento do estresse oxidativo, fatores que, segundo estudos, podem estar relacionados à exposição a componentes tóxicos ambientais associados ao risco da doença (Silva *et al.*, 2021).

Diante da alta incidência dessas doenças neurodegenerativas na população brasileira, torna-se evidente a importância do rastreamento e diagnóstico precoce. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) desponta como uma ferramenta fundamental para otimizar esse processo, especialmente devido aos avanços significativos observados na última década. A IA tem demonstrado maior eficiência que os métodos tradicionais na identificação de padrões ocultos em neuroimagens, biomarcadores e dados clínicos (Mehta; Smith, 2023).

A IA vem conquistando espaço desde meados da década de 1950, apresentando avanços significativos nas últimas décadas, especialmente em áreas como a medicina. Essa tecnologia simula o pensamento humano de forma computacional, buscando aumentar a eficiência na resolução de problemas, o que tem se mostrado particularmente útil na detecção precoce de doenças (Braga *et al.*, 2025).

O diagnóstico precoce é fundamental para identificar os sintomas na fase inicial, possibilitando intervenções antecipadas que retardam a progressão da doença e promovem maior qualidade de vida e autonomia aos pacientes. Entretanto, apesar do uso crescente da IA para processar dados, identificar padrões e gerar evidências, ainda são necessários estudos rigorosos para avaliar a precisão dessas ferramentas e compreender suas limitações (Assis *et al.*, 2024).

No contexto da medicina moderna, algoritmos de aprendizado profundo (*Deep Learning*- DL), aprendizado de máquina (*Machine Learning*- ML) e redes neurais convolucionais (*Convolutional Neural Networks* - CNNs) têm se mostrado altamente eficazes na identificação de padrões que podem passar despercebidos ao olhar humano. As CNNs, em particular, demonstram grande capacidade para interpretar imagens de ressonância magnética (RM) e tomografia, analisando e identificando padrões de forma rápida, o que possibilita diagnósticos e tratamentos precoces (Assis *et al.*, 2024).

Apesar do potencial dessas tecnologias para o rastreamento inicial, os algoritmos ainda demandam aprimoramentos para lidar com a heterogeneidade dos dados clínicos e as variações nas imagens de RM, ocasionadas pelo uso de diferentes aparelhos, visando a criação de um modelo universal e validado (Ruiz *et al.*, 2022).

Diante do exposto, torna-se evidente que a detecção precoce das Doenças de Parkinson e Alzheimer é fundamental para desacelerar sua progressão, promovendo maior qualidade de vida aos pacientes. Nesse cenário, o uso da IA configura-se como uma ferramenta promissora para otimizar o trabalho dos profissionais de saúde e aumentar a taxa de rastreamento e diagnóstico precoce.

## EPIDEMIOLOGIA DE DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

As internações por doenças DN no Brasil apresentaram aumento significativo entre 2010 e 2020, totalizando mais de 51.000 casos hospitalares relacionados a essas patologias, com predominância no sexo feminino (Paz *et al.*, 2021). Esse cenário de crescimento nacional acompanha uma tendência global de aumento da carga dessas doenças. O Estudo Carga Global de Doença (*Global Burden of Disease* – GBD), uma análise abrangente que quantifica a perda de saúde causada por doenças, lesões e fatores de risco em escala mundial, projeta que o número total de pessoas com demência aumentará de forma expressiva até 2050 (Vos *et al.*, 2020).

Dentre os diferentes tipos de demência, a DA é a mais prevalente, representando entre 60% e 70% dos casos estimados. Além de seu destaque dentro das demências, a DA constitui um importante risco para a população em geral durante o processo de envelhecimento, afetando aproximadamente 15% dos indivíduos com mais de 65 anos e cerca de 45% daqueles acima de 85 anos (Greenberg; Aminoff; Simon,

2014). Em âmbito global, estima-se que cerca de 50 milhões de pessoas vivam com essa condição, número que pode triplicar até 2050 devido ao envelhecimento populacional. Ademais, aproximadamente dois terços dessas pessoas residem em países de baixa e média renda, o que reforça a necessidade de políticas públicas específicas para essas regiões (Scheltens *et al.*, 2021).

Paralelamente ao avanço global das demências, a DP também tem apresentado crescimento expressivo em diversas regiões do Brasil. Entre 2021 e 2023, foram registradas aproximadamente 2.700 internações relacionadas à DP, distribuídas da seguinte forma: mais de 700 internações em 2021, mais de 900 em 2022 e mais de 1.000 em 2023. Esses dados evidenciam o aumento progressivo da prevalência da DP na população, especialmente entre indivíduos na faixa etária de 60 a 69 anos, refletindo mais uma vez o impacto do envelhecimento demográfico. Além disso, o estudo analisou a distribuição dos casos por cor/raça, identificando que indivíduos brancos foram os mais acometidos, representando 53,85% da amostra afetada pela condição (Ferraz *et al.*, 2024).

## FISIOPATOLOGIA DO ALZHEIMER

De maneira análoga a outras doenças neurodegenerativas, o Alzheimer se caracteriza como uma condição progressiva, associada à degeneração de neurônios e à perda gradual da massa encefálica (Long; Holtzman, 2022). Diante desse contexto, torna-se fundamental compreender os mecanismos fisiopatológicos da doença, com o objetivo de favorecer o diagnóstico precoce e, consequentemente, proporcionar melhor qualidade de vida aos indivíduos afetados. Neste sentido, serão abordados inicialmente os aspectos macroscópicos das alterações cerebrais causadas pelo Alzheimer, seguidos pela análise de suas características microscópicas e bioquímicas.

A princípio, é válido lembrar que doenças neurodegenerativas progressivas, a exemplo da DA, são patologias caracterizadas pela degeneração de neurônios e essa morte neuronal se espalha pelas várias áreas do cérebro, causando um declínio funcional progressivo. Outro aspecto relevante é que os neurônios, por sua natureza, não possuem capacidade de regeneração; assim, uma vez que ocorre a morte neuronal, não há possibilidade de reposição celular (Long; Holtzman, 2022).

Na DA, a degeneração neuronal tem início, predominantemente, no hipocampo, estrutura localizada no sistema límbico e responsável pelo armazenamento de memórias de curto prazo e pela consolidação dessas em memórias de longo prazo. Essa característica fisiopatológica justifica o fato de pacientes com Alzheimer apresentarem preservação relativa de memórias antigas, mas grande dificuldade em formar novas memórias ou recordar-se de eventos recentes. Além disso, observava-se uma degeneração progressiva no córtex cerebral, o que explica o declínio cognitivo de

seus portadores. Nesse contexto, a diminuição da massa encefálica, juntamente com a degeneração cortical e hipocampal, configuram os principais achados macroscópicos da DA (Braak; Braak, 1991).

No nível microscópico e bioquímico, a DA é marcada por diversas alterações estruturais e funcionais, com destaque para a formação de placas de beta-amiloide, os emaranhados neurofibrilares compostos por proteína tau hiperfosforilada, além de múltiplas alterações secundárias decorrentes desses processos (Long; Holtzman, 2022).

A proteína tau desempenha papel essencial na estabilidade dos microtúbulos neuronais e no transporte axonal. Contudo, na DA, ocorre sua hiperfosforilação, levando à formação dos emaranhados neurofibrilares. Esse acúmulo anormal resulta em disfunção do citoesqueleto neuronal, prejudicando o transporte de substâncias essenciais e culminando em disfunção sináptica e morte celular (Braak; Braak, 1991).

Paralelamente, a DA é caracterizada pela formação de placas extracelulares de proteína beta-amiloide (A $\beta$ ), resultantes do processamento anormal da proteína precursora amiloide (APP). O acúmulo dessas proteínas resulta na formação de agregados insolúveis, que interferem na comunicação sináptica, induzem inflamação e contribuem para a toxicidade neuronal, estabelecendo um ambiente propício à progressão do processo neurodegenerativo (Zlokovic, 2024 ).

A deposição de placas beta-amiloides desencadeia várias alterações típicas da DA. Primeiramente, essa deposição interfere na plasticidade sináptica, reduzindo a densidade de sinapses e a transmissão glutamatérgica, o que compromete o aprendizado e a memória. Além disso, a presença simultânea de placas de beta-amiloide e emaranhados de proteína tau favorece o desenvolvimento de uma neuroinflamação crônica. Esse processo é mediado pela ativação de astrócitos e micróglias, que liberam citocinas pró-inflamatórias, como IL-1 $\beta$  e TNF- $\alpha$ , agravando a degeneração neuronal (Sheng *et al.*, 2020).

Outro aspecto relevante refere-se às alterações na barreira hematoencefálica e às disfunções microvasculares, frequentemente associadas ao acúmulo de beta-amiloide, caracterizando a angiopatia amiloide cerebral. Essas alterações contribuem para a redução do fluxo sanguíneo cerebral, exacerbando a hipoperfusão e agravando a neurodegeneração, especialmente em regiões cerebrais mais vulneráveis (Zlokovic, 2024 ).

Adicionalmente, o acúmulo de A $\beta$  e tau aumenta o estresse oxidativo, com produção excessiva de espécies reativas de oxigênio. Isso danifica lipídios, proteínas e DNA, além de comprometer a função mitocondrial, reduzindo a produção de ATP (Bathia *et al.*, 2022).

## DIAGNÓSTICO DA DOENÇA DE ALZHEIMER

A partir da compreensão da fisiopatologia da DA, torna-se mais fácil o entendimento de como diagnosticá-la. Diante disso, os parágrafos seguintes têm como objetivo apresentar as principais estratégias atualmente utilizadas para um diagnóstico eficaz da DA. Para tanto, é importante destacar que seis critérios fundamentais devem ser considerados na avaliação diagnóstica, visando uma identificação precisa da condição (Ribeiro *et al.*, 2024).

O primeiro critério é a avaliação de sintomas clínicos. O processo diagnóstico tem início com a identificação de sintomas característicos, como perda de memória episódica —especialmente dificuldade em lembrar eventos recentes—, alterações de linguagem, desorientação espaço-temporal e alterações no comportamento. Esses sintomas são consequência direta da degeneração neuronal, principalmente no hipocampo e no córtex cerebral (Mckhann *et al.*, 2020).

O segundo critério envolve o histórico clínico detalhado do paciente. Cabe ao médico neurologista ou geriatra realizar uma anamnese minuciosa, investigando o início, a progressão e a natureza dos sintomas cognitivos, comportamentais e funcionais apresentados. Além disso, é fundamental avaliar o histórico familiar de demências, fatores de risco vasculares, presença de comorbidades clínicas e o uso de medicamentos que possam impactar a função cognitiva. Essas informações são essenciais para diferenciar a DA de outras possíveis causas de comprometimento cognitivo (Ribeiro *et al.*, 2024).

O terceiro parâmetro corresponde à aplicação de testes neuropsicológicos. Instrumentos padronizados, como o Mini-Exame do Estado Mental (MMSE) e o Montreal Cognitive Assessment (MoCA), são utilizados para avaliar diferentes domínios cognitivos, incluindo memória, atenção, linguagem, funções executivas e habilidades visuoespaciais. Esses testes contribuem para quantificar o grau de declínio cognitivo e diferenciar a DA de outras formas de demência (Blennow; Zetterberg, 2025).

O quarto critério abrange os exames de neuroimagem. Técnicas de neuroimagem funcional, como a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e o FDG-PET, permitem a identificação de alterações metabólicas cerebrais e da presença de placas de beta-amiloide, características da DA. Esses achados devem ser integrados aos resultados de exames de neuroimagem estrutural, como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, que possibilitam avaliar a atrofia cerebral, sobretudo nas regiões do hipocampo e córtex cerebral.

O quinto critério é a análise de biomarcadores no líquido cefalorraquidiano. Por meio dessa avaliação, é possível medir os níveis de proteína beta-amiloide, proteína tau total e proteína tau hiperfosforilada, os quais são reconhecidos como marcadores típicos da DA (Blennow; Zetterberg, 2025).

Por fim, o sexto critério corresponde à realização de um diagnóstico diferencial criterioso. Essa etapa visa excluir outras condições clínicas que possam causar declínio cognitivo, como outras formas de demência, quadros depressivos com repercussão cognitiva, distúrbios metabólicos (como hipotireoidismo e deficiência de vitamina B12) ou efeitos adversos de medicamentos. Para isso, o médico pode lançar mão de exames laboratoriais, avaliações neuropsicológicas e exames de imagem cerebral, garantindo maior precisão diagnóstica e um direcionamento terapêutico adequado (Mckhann *et al.*, 2020).

Apesar da adoção desses múltiplos critérios, o diagnóstico precoce da DA ainda representa um grande desafio na prática clínica. Em geral, o reconhecimento da doença só ocorre com o início dos sintomas, sendo necessária a progressão clínica e a detecção de biomarcadores específicos para confirmação diagnóstica. Nesse sentido, é importante reforçar que a DA, por ser uma doença neurodegenerativa progressiva e atualmente sem cura, exige intervenções precoces com foco no controle dos sintomas e na desaceleração da degeneração neuronal. Isso evidencia a relevância do diagnóstico precoce como estratégia fundamental para preservar, o máximo possível, a qualidade de vida dos indivíduos afetados.

## FISIOPATOLOGIA DA DOENÇA DE PARKINSON

A DP é uma doença neurodegenerativa progressiva caracterizada pela degeneração dos neurônios da substância negra do mesencéfalo, diminuído os níveis de dopamina, o que acarreta em tremores, instabilidade postural, rigidez dos movimentos e acinesia\bradicinesia (Trentin *et al.*, 2022).

O papel da dopamina na regulação motora é fundamental. Produzida na substância negra, esse neurotransmissor atua garantindo a coordenação dos movimentos, por meio de dois mecanismos principais: a inibição da via indireta, que bloqueia movimentos indesejados, e a estimulação da via direta, responsável por facilitar a execução de movimentos voluntários (Kurvits *et al.*, 2021).

A degeneração neuronal na DP tem início precisamente na substância negra, o que compromete a produção e a liberação de dopamina desde as fases iniciais da doença. Na ausência da ação dopaminérgica, os circuitos das vias direta e indireta passam a atuar de forma simultânea e descoordenada, gerando um paradoxo funcional em que ocorre, ao mesmo tempo, permissão e inibição dos movimentos. Essa disfunção contribui diretamente para a perda de fluidez motora e para o aparecimento dos quatro principais sinais clínicos da DP: tremores, rigidez, acinesia/bradicinesia e instabilidade postural (Cacabelos, 2023).

## DIAGNÓSTICO DA DOENÇA DE PARKINSON

A partir da compreensão da fisiopatologia da DP, torna-se mais acessível o entendimento dos métodos diagnósticos empregados para sua identificação. Assim, os próximos parágrafos têm como objetivo apresentar as principais estratégias atualmente utilizadas para um diagnóstico preciso do Parkinson. É importante destacar que sete critérios fundamentais devem ser avaliados para garantir a eficácia no diagnóstico dessa enfermidade (Cabreira; Massano, 2023).

O primeiro critério refere-se à avaliação dos sintomas motores e não motores característicos da DP. No âmbito motor, são considerados quatro sintomas principais, sendo necessária a presença de pelo menos dois deles para a suspeita diagnóstica: tremores, rigidez muscular, acinesia/bradicinesia e instabilidade postural. Além dos sinais motores, sintomas não motores como perda de olfato, constipação intestinal, distúrbios do sono (especialmente o transtorno comportamental do sono REM), depressão e alterações cognitivas podem surgir precocemente, muitas vezes precedendo as manifestações motoras e reforçando a suspeita diagnóstica (Postuma *et al.*, 2021).

O segundo critério a ser considerado é a análise do histórico clínico do paciente. Nesse contexto, o neurologista deve investigar detalhadamente o início e a progressão dos sintomas previamente descritos, além de avaliar a presença de antecedentes familiares de DP, exposição a toxinas ambientais, histórico de traumatismos cranianos e o uso de medicamentos com potencial para induzir sintomas parkinsonianos, como o haloperidol, pertencente à classe dos antipsicóticos (Cabreira; Massano, 2023).

O terceiro critério envolve a realização de um exame neurológico específico. Nessa etapa, o clínico avalia reflexos, tônus muscular, coordenação motora e a capacidade de realizar movimentos rápidos e fluidos. O objetivo é identificar a presença de tremores, rigidez, acinesia/bradicinesia e instabilidade postural. Além disso, a análise da resposta a determinados estímulos, como os reflexos posturais, é fundamental para detectar eventuais alterações no equilíbrio e na postura (Pinheiro; Barbosa, 2022).

O quarto critério diz respeito à aplicação dos critérios diagnósticos específicos para a DP, os quais incluem: a presença obrigatória de bradicinesia associada a pelo menos um dos outros sinais motores (tremor de repouso, rigidez muscular ou instabilidade postural) e a exclusão de sinais atípicos que sugiram outras doenças neurológicas, como a paralisia supranuclear progressiva ou a atrofia de múltiplos sistemas (Brasil, 2017).



O quinto critério envolve a realização de exames complementares, fundamentais para o diagnóstico diferencial. Dentre eles destacam-se a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, utilizadas para excluir outras possíveis causas dos sintomas, como tumores cerebrais ou hidrocefalia de pressão normal. Outro exame relevante é o DaTSCAN (SPECT), que avalia a integridade do sistema dopaminérgico, sendo especialmente útil na distinção entre a DP e outras condições, como o tremor essencial. Testes neuropsicológicos também podem ser indicados, principalmente nos casos com suspeita de comprometimento cognitivo associado (Pinheiro; Barbosa, 2022).

O sexto critério corresponde ao diagnóstico diferencial propriamente dito. Nesta etapa, o objetivo é distinguir a DP de outras patologias com sintomas semelhantes, como tremores essenciais, paralisia supranuclear progressiva, atrofia de múltiplos sistemas e parkinsonismo induzido por medicamento (Frota; Parmera, 2021).

Por fim, o sétimo critério reforça a importância da avaliação da resposta à levodopa, uma vez que a maioria dos pacientes com DP apresenta melhora significativa dos sintomas motores, principalmente rigidez e bradicinesia, após o uso desse medicamento (Bressman; Saunders-Pullman, 2019).

Mesmo com a aplicação desses múltiplos critérios diagnósticos e com o avanço no entendimento da fisiopatologia da DP, o diagnóstico precoce da doença ainda representa um desafio clínico considerável. Na maioria dos casos, o diagnóstico é realizado apenas após o surgimento dos sintomas motores, quando já há perda considerável de neurônios dopaminérgicos. Nesse contexto, é importante reforçar que a DP é uma enfermidade neurodegenerativa progressiva, sem cura, com foco terapêutico voltado para o controle dos sintomas e o retardamento da progressão da degeneração neuronal. Por isso, estratégias que favoreçam a detecção precoce tornam-se essenciais para proporcionar melhor qualidade de vida e preservar a autonomia funcional dos pacientes.

Nesse cenário desafiador, a inteligência artificial (IA) surge como uma ferramenta promissora na assistência médica, especialmente no diagnóstico de doenças complexas como a DA e a DP.

## **ASSISTÊNCIA E EVOLUÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO MÉDICO**

A IA tem revolucionado diversas áreas da medicina, sobretudo os processos de diagnóstico. Sua aplicação permite que grandes volumes de dados clínicos, como exames de imagem, sinais vitais e históricos médicos, sejam analisados com mais rapidez, precisão e consistência. Isso tem possibilitado diagnósticos mais precoces, tratamentos mais personalizados e uma redução significativa nos custos com saúde (Ramesh *et al.*, 2004; Mugisha, 2024).

Segundo Cabral *et al.* (2025), a IA tem sido cada vez mais incorporada em diversas áreas da medicina, como radiologia, cardiologia e dermatologia. Um exemplo disso é a aplicação da IA na análise de radiografias, na interpretação de eletrocardiogramas e na identificação de lesões cutâneas suspeitas. Esses avanços são possíveis graças ao uso de algoritmos que aprendem a partir dos dados, técnica conhecida como *machine learning*. Essa abordagem, um ramo da IA, permite que sistemas computacionais identifiquem padrões complexos em grandes volumes de dados clínicos, como exames laboratoriais, imagens, sinais vitais e histórico médico, sem a necessidade de programação explícita para cada situação. Dessa forma, a IA viabiliza a detecção de anomalias sutis que poderiam passar despercebidas pelos métodos tradicionais, tornando o diagnóstico mais rápido, preciso e escalável (Ramesh *et al.*, 2004; Cabral *et al.*, 2025).

Outro recurso fundamental são as redes neurais artificiais, modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano, compostos por camadas de nós (ou “neurônios”) interconectados, que processam informações e ajustam seus pesos com base no erro das previsões anteriores, em um processo conhecido como retropropagação. Quando essas redes são compostas por múltiplas camadas, formam o chamado *deep learning*, capaz de aprender representações complexas e hierárquicas dos dados. Essa tecnologia tem sido particularmente útil na interpretação de exames de imagem, como tomografias e ressonâncias magnéticas, oferecendo resultados com níveis de acurácia que, em alguns casos, se equiparam ao desempenho de especialistas humanos (Ramesh *et al.*, 2004).

Esses avanços também se apoiam em modelos específicos, como as redes neurais convolucionais (*Convolutional Neural Networks – CNNs*), bastante eficazes na análise de imagens médicas, como radiografias, ressonâncias e tomografias. Elas detectam padrões visuais (bordas, texturas, formatos) com alto grau de precisão e rapidez, auxiliando médicos na identificação de anomalias como fraturas, tumores ou inflamações, e padronizando diagnósticos visuais. Ademais, existem os perceptrons multicamadas (*Multilayer Perceptrons – MLPs*), que são úteis na classificação de dados clínicos estruturado, sendo capazes de distinguir entre exames normais e anormais, ou prever a presença de uma doença com base em variáveis clínicas. Já os mapas auto-organizáveis (*Self-Organizing Maps – SOMs*) são utilizados para reduzir a dimensionalidade de dados complexos, agrupando informações similares de forma visualmente compreensível (Ramesh *et al.*, 2004).

A aplicação prática da IA tem crescido com a integração a dispositivos vestíveis (*wearables*), como pulseiras e relógios inteligentes, que capturam continuamente dados fisiológicos dos pacientes. Esses dispositivos, conectados a sistemas de IA, facilitam diagnósticos precoces e intervenções rápidas. Além disso, há aplicações administrativas, como triagem automatizada de pacientes e otimização de recursos

hospitalares. Contudo, o uso da IA ainda enfrenta barreiras significativas. Uma delas é a explicabilidade dos algoritmos, especialmente nos modelos de *deep learning*, que funcionam como “caixas-pretas”, dificultando a interpretação do processo decisório. Também há riscos relacionados a viés algorítmico, que ocorre quando os dados utilizados no treinamento não representam adequadamente a população, gerando desigualdades nos resultados (Mugisha, 2024; Cabral et al., 2025).

## APLICAÇÃO DA IA NA DETECÇÃO PRECOCE DO ALZHEIMER

A DA também se beneficia dos avanços da IA. O grande desafio é identificar sinais precoces da doença, uma vez que sintomas iniciais como lapsos de memória e dificuldades de linguagem podem ser confundidos com o envelhecimento natural. A IA contribui significativamente nesse sentido ao integrar informações de exames de imagem cerebral, dados genéticos e históricos clínicos.

A utilização de algoritmos de *deep learning* para analisar imagens de ressonância magnética e tomografia por emissão de pósitrons (PET) tem permitido a detecção de padrões sutis de degeneração cerebral que antecedem os sintomas clínicos da Doença de Alzheimer, o que antecede a manifestação clínica dos sintomas (Shanmugavadivel et al., 2023; Elgalb, 2024). Além disso, a análise da fala tem emergido como um biomarcador promissor para o diagnóstico precoce da DA. Sistemas de IA que utilizam a técnica de Processamento de Linguagem Natural (*Natural Language Processing – NLP*) analisam com elevada precisão aspectos como entonação, ritmo e escolha de palavras, os quais sofrem alterações nas fases iniciais da doença (Ding et al., 2024).

O NLP, área da IA dedicada à compreensão e processamento da linguagem humana por sistemas computacionais, permite a análise de discursos espontâneos, identificando padrões linguísticos sutis relacionados ao declínio cognitivo. Esse processo tem sido complementado pelo uso de ferramentas de Reconhecimento Automático de Fala (*Automatic Speech Recognition – ASR*), que transcrevem automaticamente a fala dos pacientes. Dessa forma, a fala espontânea pode ser convertida em texto com rapidez e sem a necessidade de procedimentos invasivos, o que facilita o monitoramento contínuo de possíveis alterações cognitivas (Ding et al., 2024).

Além disso, modelos linguísticos avançados, como o BERT (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*), têm sido empregados para interpretar o significado das palavras dentro de seu contexto, possibilitando a detecção de anomalias de coerência e fluência típicas dos estágios iniciais da DA. Estudos recentes demonstram que a aplicação desses modelos tem alcançado índices de precisão superiores a 85% em algumas amostras analisadas (Ding et al., 2024).

Outro aspecto relevante é o uso de bancos de dados padronizados, como os desafios ADReSS e ADReSSo, que oferecem conjuntos de dados validados para o treinamento e teste de modelos de IA. Esses bancos promovem maior comparabilidade entre os estudos e aumentam a reprodutibilidade dos resultados (Shanmugavadivel *et al.*, 2023).

Entretanto, conforme apontam Shanmugavadivel *et al.* (2023), Ding *et al.* (2024), Mugisha (2024) e Cabral *et al.* (2025), a aplicação clínica ampla dessas tecnologias ainda enfrenta obstáculos importantes, incluindo a falta de diversidade nos dados utilizados para treinamento, a presença de vieses nos algoritmos e as dificuldades em explicar os resultados obtidos, sobretudo nos modelos baseados em *deep learning*.

## AVANÇOS NO DIAGNÓSTICO DA DOENÇA DE PARKINSON COM IA

Um dos grandes desafios no tratamento DP é o diagnóstico precoce, já que os sintomas só se tornam evidentes em estágios mais avançados. A IA tem se mostrado uma ferramenta promissora para superar essa limitação. Pesquisadores têm utilizado algoritmos de aprendizado de máquina *machine learning* para analisar dados clínicos, padrões de fala, escrita e até mesmo a forma como a pessoa caminha. Essas informações, quando processadas por modelos computacionais, podem indicar sinais sutis da doença ainda não perceptíveis clinicamente (Ibrahim; Mohammed, 2024).

Avanços significativos também têm ocorrido no campo da genômica, especialmente na análise de biomarcadores genéticos e moleculares, por meio de métodos como o *Weighted Gene Co-expression Network Analysis* (WGCNA). Essa técnica avalia a expressão de grupos de genes que atuam em conjunto, permitindo identificar padrões genéticos que se associam à progressão da DP. Com isso, é possível reconhecer variações genômicas ligadas a diferentes formas de manifestação da doença, contribuindo não apenas para o diagnóstico precoce, mas também para a estratificação dos pacientes em subgrupos com características clínicas semelhantes (Ibrahim; Mohammed, 2024).

Além disso, outro método utilizado envolve os Sistemas de Diagnóstico Assistido por Computador (*Computer-Aided Diagnosis – CAD*). Esses sistemas utilizam modelos de IA para integrar e interpretar dados oriundos de diferentes fontes, como exames de imagem, resultados laboratoriais, histórico clínico e perfis genéticos, e oferecem suporte à decisão médica ao sugerir possíveis diagnósticos com base nos padrões aprendidos. Dessa forma, os CADs atuam como ferramentas complementares, reduzindo a variabilidade diagnóstica entre profissionais e tornando o processo mais ágil e preciso (Henrique *et al.*, 2025).

Técnicas avançadas, como as CNNs, tradicionalmente utilizadas na análise de imagens médicas, também vêm sendo aplicadas ao diagnóstico da DP. Essas redes têm a capacidade de identificar alterações morfológicas cerebrais muitas vezes imperceptíveis à observação humana, como pequenas áreas de atrofia ou modificações na densidade de estruturas neurais. Aplicadas à ressonância magnética, por exemplo, as CNNs permitem a detecção precoce de sinais visuais típicos da degeneração dopaminérgica, mesmo antes da manifestação evidente dos sintomas motores (Henrique *et al.*, 2025).

Além das CNNs, os modelos conhecidos como *Support Vector Machines* (SVMs), são amplamente utilizados para classificação de dados clínicos e diferenciação entre a DP e outras condições neurológicas com sintomas semelhantes, como parkinsonismo atípico. As SVMs operam construindo fronteiras matemáticas que separam categorias de dados com base em suas características mais relevantes, e por isso são úteis tanto para o diagnóstico diferencial quanto para a determinação do estágio clínico da doença. Quando combinadas com a análise de biomarcadores genéticos e moleculares, essas técnicas oferecem uma visão mais completa e personalizada do quadro de cada paciente (Ibrahim; Mohammed, 2024).

Apesar dos resultados promissores, os estudos ainda apontam para a necessidade de validações mais amplas e padronizadas. Segundo Ibrahim e Mohammed (2024), muitos modelos funcionam bem em ambientes controlados, mas enfrentam dificuldades ao serem aplicados em contextos clínicos reais, com pacientes diversos.

## CONCLUSÃO

A Doença de Alzheimer e a Doença de Parkinson demandam estratégias eficazes de detecção precoce, já que seus sintomas surgem tardiamente e são de origem neurodegenerativa progressiva, com grande impacto funcional e social. A inteligência artificial tem avançado significativamente nesse contexto, oferecendo apoio promissor ao diagnóstico médico. No entanto, seu uso ainda enfrenta barreiras como a falta de aplicabilidade dos algoritmos, o viés nos dados utilizados e a necessidade de validação em contextos clínicos reais. Por isso, embora promissora, a aplicação ampla da IA na medicina exige cautela, rigor científico e regulamentações adequadas para garantir segurança e equidade no cuidado ao paciente.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. R. M. *et al.* Alzheimer's disease in Brazil: an epidemiological analysis between 2013 and 2022. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. e29412240345, 2023.

ASSIS, A. C. *et al.* Use of algorithms for early diagnosis of Alzheimer's, Parkinson's and multiple sclerosis. **Lumen Et Virtus**, [S. l.], v. 15, n. 43, p. 9060–9069, 2024.

BHATIA, S. *et al.* Mitochondrial Dysfunction in Alzheimer's Disease: Opportunities for Drug Development. **Curr Neuroparmacol.**, v. 20, n. 4, p.675–692, 2022.

BLENNOW, K.; ZETTERBERG, H. Biomarkers for Alzheimer's disease: Current status and prospects for the future. **Journal of Internal Medicine**, v. 284, n. 6, p. 643-663, 2025.

BLOEM, B. R.; OKUN, M. S.; KLEIN, C. Parkinson's disease. **The Lancet**, v. 397, n. 10291, p. 2284-2303, 2021.

BRAAK, H.; BRAAK, E. Neuropathological staging of Alzheimer-related changes. **Acta Neuropathologica**, v. 82, n. 4, p. 239-259, 1991.

BRAGA, T. M. *et al.* O uso de inteligência artificial na interpretação de exames médicos. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. e70932, 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Portaria Conjunta nº 10, de 31 de outubro de 2017. **Aprova o Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas - Doença de Parkinson**. Diário Oficial da União, 2017.

BRESSMAN, S., SAUNDERS-PULLMAN, R. When to start Levodopa Therapy for Parkinson's Disease. **The New England Journal of Medicine**, v. 380, n. 4, p. 380-389, 2019.

CABRAL, B. P. *et al.* Future use of AI in diagnostic medicine: 2-wave cross-sectional survey study. **Journal of Medical Internet Research**, v. 27, p. e53892–e53892, fev. 2025.

CABREIRA, V.; MASSANO, J. Doença de Parkinson: Revisão clínica e atualização. **Acta Médica Portuguesa**, v. 32, n. 10, p. 661-670, 2022.

CACABELOS, R. Parkinson's Disease: From pathogenesis to pharmacogenomics. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 3, p. 551, 2023.

DING, K. *et al.* Speech based detection of Alzheimer's disease: a survey of AI techniques, datasets and challenges. **Artificial Intelligence Review**, v. 57, n. 12, out. 2024.

ELGALB, A. AI for early disease detection: developing models for early diagnosis of diseases like cancer or Alzheimer's using biomarkers and imaging data. **Journal of AI-Powered Medical Innovations**, v. 3, n. 1, p. 1–24, 2024.

FERRAZ, R. T. B, *et al.* Descrição do perfil epidemiológico por doença de Parkinson entre 2021 e 2023. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, [S. l.], v. 6, n. 9, p. 321–332, 2024.

FROTA, N. A. F.; PARMERA, J. B. Declínio Cognitivo e Parkinsonismo: Diagnósticos Diferenciais. **SECAD**, v. 2, p. 1-152, 2021.

GITLER, A. D.; DHAWAN, D.; SHORTER, J. Neurodegenerative disease: models, mechanisms, and a new hope. **Disease Models & Mechanisms**, v. 13, n. 5, 2020.

GREENBERG, D. A.; AMINOFF, M. J.; SIMON, R. P. **Neurologia clínica**. 8. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2014.

HENRIQUE, E. *et al.* O uso da inteligência artificial na Doença de Parkinson. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 1, p. e7214148011–e7214148011, jan. 2025.

IBRAHIM, A. M.; MOHAMMED M. A. A Comprehensive Review on Advancements in Artificial Intelligence Approaches and Future Perspectives for Early Diagnosis of Parkinson's Disease. **International Journal of Mathematics, Statistics, and Computer Science**, v. 2, p. 173–182, 26 jan. 2024.

KURVITS, L., *et al.* Transcriptomic Profiles in Parkinson's Disease. **Experimental Biology and Medicine**, v. 246, n. 5, p. 584–595, 2021.

LONG, J. M., HOLTZMAN, D. M. Alzheimer Disease: An Update on Pathobiology and Treatment Strategies, **Cell**, v. 179, n. 2, p. 312-339, 2022.

MARQUES, Y. S. *et al.* Doença de Alzheimer na pessoa idosa/família: Potencialidades, fragilidades e estratégias. **Cogitare Enfermagem**, v. 27, p. e80169, 2022.

McKHANN, G. M. *et al.* The diagnosis of dementia due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. **Alzheimer's & Dementia**, v. 7, n. 3, p. 263-269, 2020.

MEHTA, A.; SMITH, T. Machine learning in neurodegenerative diseases. **Journal of Neurology**, v. 269, n. 8, p. 2023-2035, 2023.

MUGISHA, Emmanuel K. AI-powered diagnostics: revolutionizing early disease detection. **Journal of AI in Medicine**, v. 4, n. 3, p. 11–14, 2 nov. 2024.

PAZ, E. G. *et al.* Doenças neurodegenerativas em adultos e idosos: um estudo epidemiológico descritivo. **Revista Neurociências**, v.29, p.1-9, 2021.

PINHEIRO, J. E. S.; BARBOSA, M. T. Doença de Parkinson e outros distúrbios do movimento em idosos. In: FREITAS, E. V. *et al.* (Org.). **Tratado de geriatria e gerontologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022.

POSTUMA, R. B. *et al.* MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. **Movement Disorders**, v. 30, n. 12, p. 1591-1601, 2021.

RAMESH, A. *et al.* Artificial intelligence in medicine. **Annals of The Royal College of Surgeons of England**, v. 86, n. 5, p. 334–338, set. 2004.

RIBEIRO, M. P. *et al.* Doença de Alzheimer, avanços na fisiopatologia, diagnóstico e perspectivas terapêuticas. **Brazilian Journal of Health Review**, 2024.

RUIZ, J. *et al.* Inteligência artificial na neurologia: como a IA está transformando o diagnóstico da esclerose múltipla. **Medcetera**, 2024.

SCHELTS, P. *et al.* Alzheimer's disease. **The Lancet**, London, v. 397, n. 10284, p. 1577–1590, 2021.

SHANMUGAVADIVEL, K. *et al.* Advancements in computer-assisted diagnosis of Alzheimer's disease: a comprehensive survey of neuroimaging methods and AI techniques for early detection. **Ageing Research Reviews**, v. 91, p. 102072, nov. 2023.

SHENG, M. *et al.* The synaptic hypothesis of Alzheimer's disease. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 13, n. 4, p. 239-248, 2020.

SILVA, A. B. G. *et al.* Doença de Parkinson: revisão de literatura / Parkinson's Disease: literature review. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 5, p. 47677–47698, 2021.

TRENTIN, S. *et al.* Fisiopatologia da Doença de Parkinson: Principal fator associado ao desenvolvimento da Doença de Parkinson em adultos jovens. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 1, e3112322, 2022.

VOS, T. *et al.* Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **The Lancet**, [s. l.], v. 396, n. 10258, p. 1204–1222, 2020.

WILLIS, A. W. *et al.* Incidence of Parkinson disease in North America. **npj Parkinsons Disease**, v. 8, p. 170, 2022.

ZLOKOVIC, B. V. Neurovascular pathways to neurodegeneration in Alzheimer's disease. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 12, n. 12, p. 723-738, 2024.