

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA, PET E SPECT NO DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DA DOENÇA DE PARKINSON E DAS SÍNDROMES PARKINSONIANAS

ANALYSIS OF THE CONTRIBUTION OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING, PET, AND SPECT IN THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF PARKINSON'S DISEASE AND PARKINSONIAN SYNDROMES

ANÁLISIS DE LA CONTRIBUCIÓN DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA, PET Y SPECT EN EL DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON Y DE LOS SÍNDROMES PARKINSONIANOS

Natália Matos Dias¹
Jheniffer Cristina dos Santos Raiol²
Karoline Marcelle Carvalho Faro³
Aline de Souza Cantuária⁴
Eline Mesquita Melo⁵
Wanessa Sá de Paiva Pereira⁶

RESUMO: Este artigo buscou analisar a contribuição da Ressonância Magnética (RM), da Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) e da Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único (SPECT) no diagnóstico diferencial da Doença de Parkinson (DP) e das síndromes parkinsonianas. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, BVS, ScienceDirect e SciELO, utilizando descritores relacionados à Doença de Parkinson, neuroimagem, PET, SPECT e Ressonância Magnética. Foram selecionados 14 estudos publicados entre 2016 e 2026, incluindo revisões sistemáticas, revisões integrativas, estudos observacionais e pesquisas quantitativas. Os resultados demonstraram que a RM apresenta importante aplicabilidade na avaliação estrutural cerebral e identificação de alterações microanatômicas, enquanto PET e SPECT mostraram elevada sensibilidade funcional na detecção precoce de alterações dopaminérgicas e metabólicas associadas à degeneração nigroestriatal. Observou-se ainda que a integração entre modalidades estruturais e funcionais amplia a precisão diagnóstica e favorece um melhor monitoramento clínico dos pacientes. Conclui-se que as técnicas de neuroimagem constituem ferramentas complementares essenciais no diagnóstico diferencial dos parkinsonismos, contribuindo para maior acurácia diagnóstica e direcionamento terapêutico mais precoce e eficaz.

Palavras-chave: Doença de Parkinson. Neuroimagem. Ressonância Magnética.

¹ Discente do curso de Biomedicina (UNIFAMAZ).

² Discente do curso de Biomedicina (UNIFAMAZ).

³ Discente do curso de Biomedicina (UNIFAMAZ).

⁴ Mestre em Educação e Ensino em Saúde (CESUPA).

⁵ Mestre em Neurociências e Biologia celular (UFPA).

⁶ Tecnóloga em Radiologia (IPIRANGA). Bacharel em Farmácia (UFPA).

ABSTRACT: This article aimed to analyze the contribution of Magnetic Resonance Imaging (MRI), Positron Emission Tomography (PET), and Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) in the differential diagnosis of Parkinson's Disease (PD) and parkinsonian syndromes. This is an integrative literature review conducted using the PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, BVS, ScienceDirect, and SciELO databases, employing descriptors related to Parkinson's Disease, neuroimaging, PET, SPECT, and magnetic resonance imaging. A total of 14 studies published between 2016 and 2026 were selected, including systematic reviews, integrative reviews, observational studies, and quantitative research. The results demonstrated that MRI has important applicability in structural brain assessment and in the identification of microanatomical alterations, while PET and SPECT showed high functional sensitivity in the early detection of dopaminergic and metabolic changes associated with nigrostriatal degeneration. It was also observed that the integration of structural and functional modalities increases diagnostic accuracy and contributes to improved clinical monitoring of patients. It is concluded that neuroimaging techniques constitute essential complementary tools in the differential diagnosis of parkinsonian syndromes, contributing to greater diagnostic accuracy and earlier and more effective therapeutic management.

Keywords: Parkinson's disease. Neuroimaging. Magnetic resonance imaging.

RESUMEN: Este artículo tuvo como objetivo analizar la contribución de la Resonancia Magnética (RM), de la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y de la Tomografía Computarizada por Emisión de Fotón Único (SPECT) en el diagnóstico diferencial de la Enfermedad de Parkinson (EP) y de los síndromes parkinsonianos. Se trata de una revisión integradora de la literatura, realizada en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, BVS, ScienceDirect y SciELO, utilizando descriptores relacionados con la Enfermedad de Parkinson, neuroimagen, PET, SPECT y Resonancia Magnética. Se seleccionaron 14 estudios publicados entre 2016 y 2026, incluyendo revisiones sistemáticas, revisiones integradoras, estudios observacionales e investigaciones cuantitativas. Los resultados demostraron que la RM presenta importante aplicabilidad en la evaluación estructural cerebral y en la identificación de alteraciones microanatómicas, mientras que PET y SPECT mostraron elevada sensibilidad funcional en la detección precoz de alteraciones dopaminérgicas y metabólicas asociadas a la degeneración nigroestriatal. También se observó que la integración entre modalidades estructurales y funcionales amplía la precisión diagnóstica y favorece un mejor seguimiento clínico de los pacientes. Se concluye que las técnicas de neuroimagen constituyen herramientas complementarias esenciales en el diagnóstico diferencial de los síndromes parkinsonianos, contribuyendo a una mayor precisión diagnóstica y a una orientación terapéutica más precoz y eficaz.

Palabras clave: Enfermedad de Parkinson. Neuroimagen. Resonancia magnética.

INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) e as síndromes parkinsonianas correspondem a enfermidades neurodegenerativas caracterizadas por alterações nos circuitos motores dos gânglios da base e manifestações motoras semelhantes (LANCIEGO et al., 2012). Clinicamente,

apresentam sintomas motores, como tremor, lentidão dos movimentos, rigidez e instabilidade postural, além de alterações não motoras relevantes, como déficits cognitivos, distúrbios do sono, alterações comportamentais e disfunções autonômicas, reforçando o caráter multissistêmico e progressivo dessas doenças (KOULI et al., 2022; CABREIRA et al., 2019).

Do ponto de vista fisiopatológico, a Doença de Parkinson caracteriza-se pela degeneração progressiva dos neurônios dopaminérgicos da substância negra pars compacta, resultando em redução da dopamina na via nigroestriatal. Além da redução dopaminérgica, mecanismos como estresse oxidativo, neuroinflamação, disfunção mitocondrial e agregação anormal da proteína alfa-sinucleína contribuem para a progressão da doença (PITELLA, 2017). Em contrapartida, as síndromes parkinsonianas podem apresentar diferentes etiologias e padrões neurodegenerativos, aumentando a complexidade do diagnóstico diferencial (LACERDA et al., 2025).

Embora o diagnóstico da Doença de Parkinson seja predominantemente clínico, sua precisão pode ser limitada nas fases iniciais devido à semelhança sintomatológica com outras síndromes parkinsonianas (LACERDA et al., 2025). Essa dificuldade diagnóstica pode comprometer o prognóstico e o planejamento terapêutico, considerando que diferentes formas de parkinsonismos apresentam evolução clínica, resposta terapêutica e prognóstico distintos (LAURETANI et al., 2021). Além disso, a ausência de biomarcadores universalmente padronizados reforça a necessidade de métodos complementares capazes de auxiliar na diferenciação diagnóstica dessas condições neurológicas (OH et al., 2023).

Nesse cenário, as técnicas de imagem vêm assumindo papel cada vez mais relevante na investigação diagnóstica da Doença de Parkinson e dos parkinsonismos atípicos. Métodos como a Ressonância Magnética (RM), a Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) e a Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único (SPECT) possibilitam a avaliação estrutural, funcional e metabólica do sistema nervoso central, contribuindo para a identificação de alterações relacionadas à degeneração nigroestriatal e à disfunção dos circuitos motores (CHENG et al., 2025).

A Ressonância Magnética (RM) consiste em um método não invasivo que emprega campos magnéticos e pulsos de radiofrequência para gerar imagens detalhadas das estruturas cerebrais, possibilitando a detecção de alterações anatômicas e microestruturais com alta resolução (TINAZ et al., 2017). Esta técnica destaca-se por sua capacidade de identificar padrões específicos relacionados aos parkinsonismos atípicos, contribuindo tanto para a exclusão de

diagnósticos secundários quanto para a avaliação da integridade da substância branca e das estruturas dos gânglios da base, permitindo a identificação de hemorragias, vasculopatias, hidrocefalia e calcificações, condições frequentemente associadas ao parkinsonismo (PITELLA, 2017; TÁVORA, 2013).

Procedimentos em medicina nuclear, como a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT), têm se destacado por sua elevada sensibilidade na avaliação funcional do sistema dopaminérgico pré-sináptico (SÍMARO et al., 2026; SHIH et al., 2006). As imagens obtidas por essas técnicas permitem identificar alterações metabólicas e redução da captação dopaminérgica cerebral antes mesmo do surgimento de manifestações motoras mais evidentes, mostrando-se úteis tanto para a compreensão quanto para o diagnóstico de doenças neurodegenerativas (PITELLA et al., 2024).

Contudo, apesar dos avanços observados nas modalidades de neuroimagem, ainda existem limitações relacionadas à padronização dos protocolos diagnósticos, disponibilidade restrita, elevado custo operacional e variabilidade dos achados descritos na literatura científica (LEUNG et al., 2024). Ademais, a heterogeneidade clínica dos parkinsonismos reforça a necessidade de estudos que integrem diferentes modalidades de imagem para aprimorar a acurácia diagnóstica e contribuir para abordagens terapêuticas mais precoces e individualizadas (CHENG et al., 2025).

A dificuldade em diferenciar quadros neurológicos com manifestações motoras semelhantes evidencia a neuroimagem como recurso auxiliar capaz de revelar alterações precoces relacionadas à degeneração e apoiar maior precisão na avaliação clínica (LACERDA et al., 2025; LAURETANI et al., 2021). Dessa forma, o presente estudo justifica-se pela relevância clínica da análise em neuroimagem como ferramenta auxiliar no diagnóstico diferencial dos parkinsonismos, considerando seu potencial na identificação precoce de alterações estruturais e funcionais associadas à neurodegeneração (GUJRAL et al., 2024; OH et al., 2023).

Sendo assim, o objetivo geral deste estudo é analisar a contribuição das técnicas de neuroimagem, por meio da Ressonância Magnética (RM), da Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) e da Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único (SPECT) no diagnóstico diferencial entre a Doença de Parkinson e as síndromes parkinsonianas. Como objetivos específicos, busca-se descrever os principais aspectos fisiopatológicos da DP e das

síndromes parkinsonianas, discutindo a importância das técnicas de neuroimagem no apoio ao diagnóstico dessas alterações.

METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo-analítico, com o objetivo de analisar as contribuições da RM, do PET e do SPECT no diagnóstico diferencial da Doença de Parkinson e dos parkinsonismos. A questão norteadora foi elaborada com base na estratégia PICO, considerando pacientes com Doença de Parkinson, modalidades de neuroimagem e as respectivas contribuições diagnósticas e prognósticas.

A busca bibliográfica foi conduzida entre fevereiro e abril de 2026, nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), ScienceDirect e SciELO. Entre os descritores e as palavras-chave utilizados, destacam-se: (“Parkinson Disease” OR “Parkinsonian Syndromes”) AND (“Magnetic Resonance Imaging” OR “PET” OR “SPECT”) AND (“Neuroimaging” OR “Diagnostic Imaging”).

Foram incluídos na revisão artigos científicos completos, revisões sistemáticas, revisões integrativas, estudos observacionais, dissertações e teses publicadas entre 2016 e 2026, nos idiomas português, inglês e espanhol. Entretanto, referências anteriores a esse período foram utilizadas de forma complementar para a fundamentação teórica e contextualização conceitual da fisiopatologia, neuroanatomia e bases técnicas das modalidades de neuroimagem abordadas no estudo. Foram excluídos estudos duplicados, resumos simples, editoriais, cartas ao editor e revisões narrativas com rigor metodológico insuficiente.

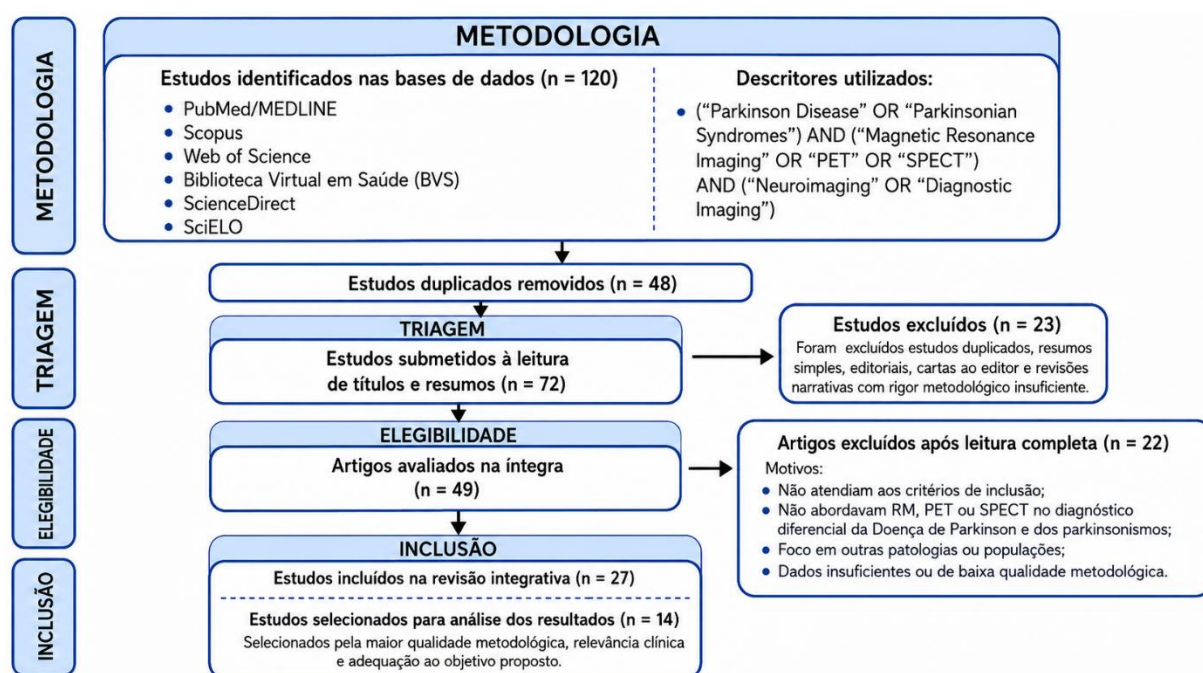
O processo de seleção dos estudos seguiu as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Na fase inicial, foram encontradas 120 publicações. Após a remoção de duplicidades e leitura dos títulos e resumos, 72 artigos permaneceram para avaliação preliminar. Destes, 49 foram selecionados para leitura na íntegra e, com a aplicação dos critérios de elegibilidade, 27 estudos permaneceram aptos para análise. Destes, 14 foram selecionados para compor a síntese final dos resultados por apresentarem maior qualidade metodológica, relevância clínica e adequação ao objetivo proposto.

A extração dos dados foi realizada de forma padronizada, considerando autores, ano de publicação, modalidade de neuroimagem, delineamento metodológico e principais achados diagnósticos. Posteriormente, os estudos foram submetidos à análise descritiva e comparativa,

visando identificar padrões diagnósticos, aplicabilidade clínica, vantagens e limitações das modalidades de RM, PET e SPECT no diagnóstico diferencial da Doença de Parkinson e dos parkinsonismos.

Por se tratar de uma revisão integrativa baseada em dados secundários disponíveis na literatura científica, sem envolvimento direto de seres humanos, o presente estudo não necessitou de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme as diretrizes da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Figura 1– Fluxograma do processo de seleção dos estudos segundo PRISMA.



Fonte: Elaborada pelas autoras, 2026.

RESULTADOS

A síntese final dos resultados foi composta por 14 estudos publicados entre 2016 e 2026, incluindo revisões integrativas, revisões narrativas, revisões sistemáticas, dissertações de mestrado e estudos observacionais relacionados ao uso da Ressonância Magnética (RM), Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) e Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único (SPECT) na avaliação da doença de Parkinson (DP) e dos parkinsonismos atípicos (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização dos estudos incluídos na revisão integrativa sobre técnicas de neuroimagem aplicadas à Doença de Parkinson e síndromes parkinsonianas, 2016–2026.

Autor/Ano	Modalidade de imagem	Tipo de estudo	Objetivo principal	Principais achados
Guimarães, Lima e LeCampion (2026)	RM	Revisão de literatura	Analisar a contribuição da RM em doenças neurodegenerativas	Identificação de padrões estruturais cerebrais associados à DP e potencial diagnóstico precoce
Cheng, Chen e Yan (2025)	SPECT	Revisão	Avaliar técnicas de melhoria de resolução em SPECT	Avanços em algoritmos, detectores e reconstrução aumentaram a resolução espacial e a qualidade diagnóstica
Lacerda e Borges (2025)	RM	Revisão	Investigar diagnóstico e prognóstico dos parkinsonismos atípicos	Associação entre biomarcadores estruturais e funcionais aumentou a acurácia diagnóstica
Gujral et al. (2024)	PET, SPECT e RM	Revisão	Avaliar técnicas de neuroimagem na DP	PET e SPECT apresentaram elevada sensibilidade funcional e a abordagem multimodal ampliou a precisão diagnóstica
Leung e Strudwick (2024)	PET/RM	Revisão sistemática	Investigar aplicações híbridas do PET/MRI	Integração simultânea de informações anatômicas e metabólicas favoreceu diagnóstico e monitoramento
Oliveira (2024)	PET e SPECT	Monografia	Analisar aplicação de radiofármacos em doenças neurodegenerativas	Alta especificidade funcional na avaliação metabólica e neurotransmissora
Mesquita (2023)	RM T ₂ e DaTSCAN SPECT	Estudo observacional	Avaliar corpo estriado e substância negra	Redução significativa do BPI no putâmen, perda do nigrossoma-1 e progressão dopaminérgica em 24 meses

Mega (2023)	SPECT	Dissertação	Correlacionar transportadores dopaminérgicos e progressão da DP	Associação entre perda dopaminérgica estriatal e incapacidade motora
Pereira et al. (2023)	RM, PET e SPECT	Revisão integrativa	Investigar alterações da substância negra e via nigroestriatal	Alterações estruturais e funcionais relacionadas à degeneração nigroestriatal
Fabiani (2021)	SPECT TRODAT-1	Dissertação	Avaliar o SPECT no diagnóstico diferencial dos parkinsonismos	Elevada aplicabilidade clínica do TRODAT-1 na identificação de alterações dopaminérgicas
Filgueira (2018)	Medicina nuclear	Revisão narrativa	Descrever técnicas nucleares aplicadas à DP	Deteção precoce de alterações fisiopatológicas e menor exposição radiológica no SPECT
Oliveira e Pereira (2017)	RM por difusão	Revisão narrativa	Revisar o papel da difusão por RM na DP	Alterações microestruturais relevantes no diagnóstico diferencial entre DP, AMS e PSP
Tinaz et al. (2016)	DTI e fMRI	Estudo observacional	Avaliar conectividade cerebral na DP	Redução da conectividade funcional e da modularidade cerebral em redes corticoestriatais
Juri e Wanner (2016)	RM, PET e SPECT	Revisão	Analisar o papel das neuroimagens na DP	Neuroimagem funcional útil no diagnóstico precoce e no monitoramento

Fonte: Elaborada pelas autoras, 2026.

Entre os artigos avaliados, observou-se predominância de estudos envolvendo técnicas funcionais de neuroimagem, principalmente PET e SPECT, presentes em 10 dos 14 trabalhos incluídos. Essas modalidades demonstraram elevada sensibilidade para a identificação precoce de disfunções dopaminérgicas relacionadas à degeneração nigroestriatal, sendo frequentemente descritas como ferramentas importantes para a deteção da doença ainda em fases iniciais. Em contrapartida, 9 estudos abordaram a utilização da ressonância magnética convencional e avançada, especialmente na avaliação estrutural da substância negra, dos gânglios da base, da substância branca e das redes de conectividade cerebral.

Os estudos relacionados à ressonância magnética demonstraram importante contribuição na caracterização anatômica e microestrutural cerebral. Oliveira e Pereira (2017) relataram que as técnicas de difusão por RM apresentaram utilidade significativa no diagnóstico diferencial entre Doença de Parkinson, atrofia de múltiplos sistemas (AMS) e paralisia supranuclear progressiva (PSP), principalmente pela identificação de variações na microarquitetura em regiões como putâmen, ponte e pedúnculos cerebelares. De forma semelhante, Guimarães, Lima e LeCampion (2026) observaram que a RM possibilita identificar padrões específicos de interferências cerebrais associados às doenças neurodegenerativas, contribuindo para o diagnóstico precoce e para o acompanhamento clínico dos pacientes.

Alterações envolvendo a substância negra e a via nigroestriatal foram descritas em 6 estudos analisados. Pereira et al. (2023) evidenciaram que diferentes modalidades de neuroimagem permitiram identificar modificações estruturais e funcionais relacionadas à degeneração da substância negra, sugerindo potencial aplicação dessas técnicas como biomarcadores precoces da DP. Resultados complementares foram observados por Mesquita (2023), que constatou que houve um decréscimo significativo da visualização do nigrossoma-1 em pacientes com doença de Parkinson, além de redução do índice de ligação dopaminérgica (BPI), especialmente no putâmen, com progressão da perda dopaminérgica ao longo de 24 meses. O estudo demonstrou ainda variações expressivas do BPI entre indivíduos saudáveis e pacientes com DP, alcançando diferenças superiores a 60% em determinadas regiões estriatais.

Os achados dopaminérgicos estiveram presentes em 11 estudos, evidenciando limitação funcional da via nigroestriatal em pacientes com Doença de Parkinson. Mega (2023) correlacionou a atenuação dos transportadores dopaminérgicos no corpo estriado com maior incapacidade motora e progressão clínica da doença. Da mesma forma, Fabiani (2021) destacou elevada aplicabilidade clínica do SPECT com ^{99m}Tc -TRODAT-1 no diagnóstico diferencial dos parkinsonismos, devido à capacidade de detectar alterações dopaminérgicas em regiões estriatais. Esses resultados reforçam o papel do SPECT como importante ferramenta funcional na investigação da degeneração dopaminérgica.

As técnicas de PET e SPECT também indicaram elevado valor clínico no diagnóstico precoce e no monitoramento evolutivo da doença. Juri e Wanner (2016) ressaltaram que essas modalidades possibilitam avaliar mudanças metabólicas, monoaminérgicas e inflamatórias cerebrais associadas à neurodegeneração. Resultados semelhantes foram descritos por Gujral et al. (2024), que enfatizaram a importância da integração entre PET, SPECT e RM para ampliar

a precisão diagnóstica, favorecer o monitoramento terapêutico e melhorar a diferenciação entre a DP e outros parkinsonismos.

Os avanços tecnológicos aplicados ao SPECT também foram amplamente descritos. Cheng, Chen e Yan (2025) relataram que melhorias em algoritmos de reconstrução, métodos computacionais e otimização de detectores aumentaram significativamente a resolução espacial e a qualidade diagnóstica das imagens SPECT, especialmente na identificação de pequenas alterações cerebrais. Apesar disso, os autores destacaram limitações relacionadas à menor resolução espacial quando comparada ao PET.

Os estudos envolvendo conectividade cerebral e neuroimagem funcional avançada indicaram comprometimento mais amplo das redes neurais na Doença de Parkinson. Tinaz et al. (2016) observaram redução da conectividade funcional e da modularidade cerebral em regiões frontoparietais, circuitos córtico-estriados e sensorio-motoras, sugerindo que a doença não se restringe exclusivamente à degeneração dopaminérgica clássica, mas envolve alterações funcionais distribuídas em múltiplas redes neurais cerebrais.

Os radiofármacos utilizados em PET e SPECT também apresentaram resultados complementares relevantes. Oliveira (2024) destacou que essas técnicas permitem uma avaliação mais precisa do metabolismo cerebral, fluxo sanguíneo e atividade neurotransmissora, fornecendo informações importantes para diagnóstico, prognóstico e direcionamento terapêutico. Filgueira (2018) ressaltou ainda que as técnicas de medicina nuclear possibilitam detecção precoce de alterações fisiopatológicas associadas à DP, contribuindo para identificação mais precoce da neurodegeneração.

A neuroimagem híbrida PET/RM apresentou destaque em estudos mais recentes. Leung e Strudwick (2024) observaram que a integração simultânea entre informações metabólicas e anatômicas possibilita maior precisão diagnóstica, melhor diferenciação entre os parkinsonismos e monitoramento mais eficaz da progressão clínica. Entretanto, os autores chamaram atenção para as limitações relacionadas ao elevado custo operacional, baixa disponibilidade e necessidade de infraestrutura altamente especializada.

De forma geral, os estudos revelaram que a ressonância magnética apresenta maior contribuição estrutural e microanatômica, especialmente na avaliação da substância negra, substância branca e conectividade cerebral. Em contrapartida, PET e SPECT mostraram elevada sensibilidade funcional na identificação precoce de alterações dopaminérgicas e metabólicas relacionadas à degeneração nigroestriatal. A integração entre modalidades

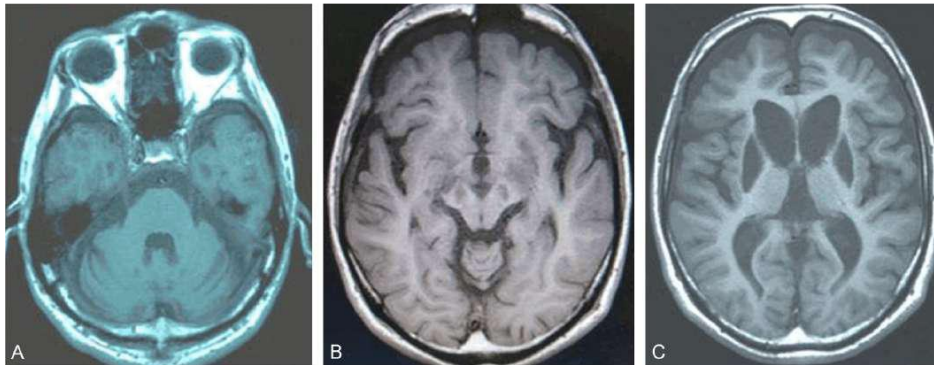
estruturais e funcionais mostrou-se promissora para aumentar a precisão diagnóstica, favorecer o monitoramento evolutivo e contribuir para abordagens terapêuticas mais precoces e individualizadas. Nesse contexto, Lacerda e Borges (2025) defendem que o diagnóstico dos parkinsonismos deve ultrapassar a avaliação clínica tradicional, incorporando biomarcadores, neuroimagem avançada e métodos moleculares para ampliar a acurácia diagnóstica e prognóstica.

DISCUSSÃO

A análise dos dados evidenciou que exames funcionais vêm assumindo papel cada vez mais pertinente na investigação da Doença de Parkinson, especialmente diante das limitações do diagnóstico exclusivamente clínico nas fases iniciais e da dificuldade de diferenciação entre os diversos parkinsonismos. Nesse contexto, os achados desta revisão sugerem que as modalidades funcionais, principalmente PET e SPECT, apresentam maior capacidade de detectar modificações dopaminérgicas precoces, enquanto a ressonância magnética demonstra maior contribuição na caracterização anatômica e microestrutural cerebral.

No âmbito desta análise, os resultados sobre a RM denotaram importante contribuição na identificação de padrões microestruturais associados à doença de Parkinson e aos parkinsonismos atípicos. De acordo com Guimarães et al. (2026), as aplicações de modelos computacionais baseados em aprendizado de máquina têm demonstrado potencial significativo na identificação de disfunções específicas associadas à DP. As técnicas de difusão mostraram-se particularmente relevantes na diferenciação diagnóstica, sobretudo pela capacidade de detectar anormalidades em regiões específicas envolvidas na degeneração nigroestriatal. Ademais, o comprometimento da conectividade cerebral observado em alguns estudos reforça a compreensão de que a Doença de Parkinson não se restringe exclusivamente à degeneração dopaminérgica clássica, mas envolve comprometimento funcional mais amplo das redes neurais cerebrais (Figura 1). Entretanto, mesmo diante da elevada capacidade anatômica e microestrutural da ressonância magnética, alterações funcionais precoces podem não ser identificadas adequadamente em estágios iniciais da doença quando comparadas às modalidades funcionais, como PET e SPECT.

Figura 1 - Imagens de ressonância magnética demonstrando alterações estruturais cerebrais associadas aos parkinsonismos.



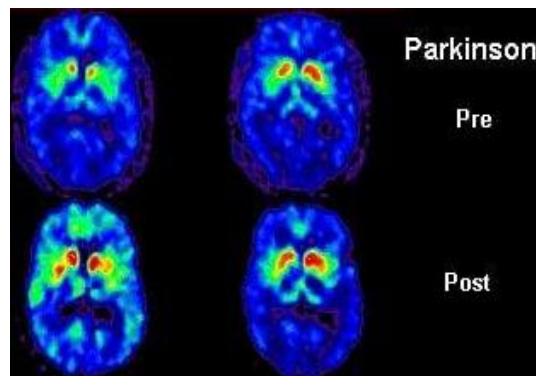
Fonte: Gujral et al. (2024).

Descrição: (A) Imagem de seção transversal ao nível da ponte evidenciando atrofia acentuada do córtex cerebelar; (B) Seção do mesencéfalo demonstrando alterações hipointensas na substância negra; (C) Imagem ao nível dos gânglios da base mostrando sinais hipointensos simétricos na cabeça do núcleo caudado e no globo pálido (GUJRAL et al., 2024).

Na medicina nuclear, destacam-se a Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único (SPECT) e a Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), técnicas que agregam importante valor diagnóstico às imagens funcionais, auxiliando na compreensão da fisiopatologia da Doença de Parkinson e também possibilitando avaliar tanto o grau quanto sua progressão, bem como distingui-las de outras síndromes parkinsonianas (MEGA, 2023). Além da contribuição diagnóstica, a identificação precoce das alterações nigroestriatais pode favorecer intervenções terapêuticas mais individualizadas e potencialmente retardar o declínio funcional associado à evolução da doença.

O PET constitui uma técnica de imagem funcional amplamente utilizada para avaliação do metabolismo cerebral por meio de radiofármacos, permitindo avaliar o metabolismo cerebral por meio da distribuição fisiológica dos radiofármacos no organismo. Este processo reflete diferentes níveis de atividade metabólica associados ao comprometimento neurodegenerativo (CANTUÁRIA, 2021). Diante desse quadro, pacientes com a Doença de Parkinson apresentam redução significativa da captação dopaminérgica nos gânglios da base, refletindo diretamente a degeneração progressiva da via nigroestriatal e o comprometimento das funções motoras, conforme descrito por Mega (2023) (Figura 2). Essas evidências reforçam o potencial da neuroimagem funcional como biomarcador precoce e ferramenta prognóstica, ampliando a compreensão das alterações metabólicas e neurofuncionais associadas à progressão das doenças neurodegenerativas.

Figura 2 - Imagem encefálica de indivíduo saudável e de paciente com Doença de Parkinson obtida pela técnica de PET utilizando o radiofármaco F-DOPA.

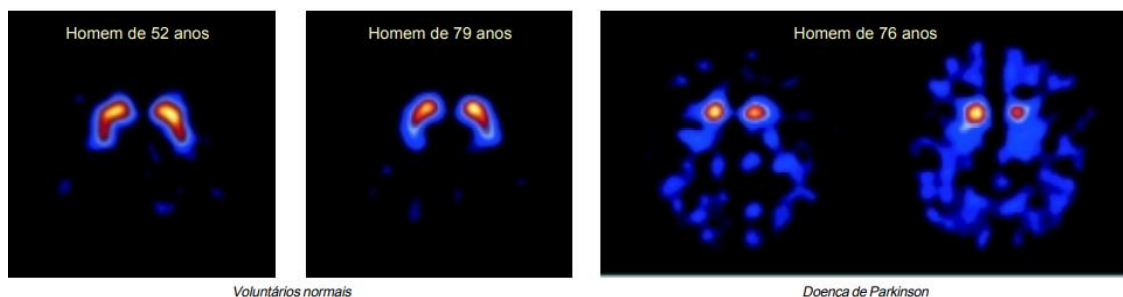


Fonte: Adaptado de Filgueira (2018).

Descrição: Observa-se redução progressiva da captação dopaminérgica, evidenciada pelo predomínio de cores frias, como verde e azul, nas imagens de PET. Nota-se também a perda da simetria entre os hemisférios cerebrais. Esse padrão reflete o comprometimento funcional do sistema dopaminérgico e indica degeneração da via nigroestriatal (MEGA, 2023; GUJRAL et al., 2024).

De forma complementar, o SPECT possui importante contribuição na distinção entre parkinsonismos, principalmente por permitir a avaliação da integridade do sistema dopaminérgico nigroestriatal. Esta técnica, associada a radiofármacos como DaTSCAN e TRODAT-1, possibilita identificar a redução dos transportadores dopaminérgicos no corpo estriado, auxiliando na detecção precoce de danos neurais, além de apresentar elevada sensibilidade e especificidade para diferenciar pacientes com Doença de Parkinson de indivíduos saudáveis e de alterações motoras não progressivas (Figura 3). Todavia, embora apresente ampla aplicabilidade clínica, o SPECT possui menor resolução espacial em comparação ao PET, o que pode restringir a identificação de alterações muito precoces ou discretas em determinadas regiões cerebrais.

Figura 3 - Exame de SPECT aplicado à avaliação do sistema dopaminérgico por meio do uso do radiofármaco DaTSCAN™.



Fonte: Revista Brasileira de Psiquiatria, 2001, p.118.

Descrição: As imagens demonstram a análise funcional em indivíduos com doença de Parkinson em comparação com indivíduos saudáveis. Em pacientes com Parkinson, nota-se redução acentuada da captação do radiotraçador na região posterior dos gânglios da base, especialmente no putâmen. Essa diminuição geralmente ocorre de forma assimétrica, sendo mais evidente no hemisfério cerebral contralateral aos sintomas clínicos, refletindo o padrão característico de degeneração da via nigroestriatal (REVISTA BRASILEIRA DE PSIQUIATRIA, 2001, p.118).

Outra abordagem promissora é o PET/RM, uma modalidade híbrida de imagem que possibilita a avaliação simultânea da atividade metabólica e das estruturas anatômicas do cérebro. Essa combinação fornece informações mais abrangentes ao integrar dados anatômicos, metabólicos e funcionais em uma única modalidade de imagem, ampliando a compreensão das anormalidades nigroestriatais, como observado na doença de Parkinson com comprometimento cognitivo (VITOR et al., 2017). Estudos recentes indicam maior acurácia diagnóstica, favorecendo a detecção precoce da degeneração neural e sua identificação clínica. Contudo, limitações relacionadas ao custo, disponibilidade e infraestrutura especializada ainda restringem sua implementação clínica em larga escala.

Com base na análise dos estudos incluídos, observa-se que o diagnóstico por imagem se consolidou como uma ferramenta fundamental na investigação da Doença de Parkinson e dos parkinsonismos, sobretudo pela capacidade de integrar informações estruturais, funcionais e metabólicas que ampliam a precisão diagnóstica e favorecem a identificação precoce do dano neurofuncional. Em complemento ao auxílio diagnóstico, essas modalidades demonstram potencial crescente na identificação de fases prodrômicas e no monitoramento evolutivo da doença, ampliando sua relevância como biomarcadores clínicos e prognósticos.

No entanto, apesar dos avanços tecnológicos e do potencial clínico dessas modalidades, ainda persistem limitações importantes relacionadas à baixa padronização metodológica, heterogeneidade dos protocolos de imagem, amostras reduzidas e desigualdade no acesso às tecnologias mais avançadas, especialmente devido ao alto custo e à limitada disponibilidade de sistemas híbridos como o PET/RM. Dessa forma, embora os resultados sejam amplamente favoráveis à aplicação dos métodos de imagem no diagnóstico diferencial, prognóstico e monitoramento evolutivo da Doença de Parkinson, torna-se evidente a necessidade de estudos mais robustos, padronizados e acessíveis, capazes de fortalecer a incorporação dessas técnicas à prática clínica de forma mais ampla e uniforme.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a neuroimagem exerce um papel fundamental no diagnóstico diferencial da Doença de Parkinson e dos parkinsonismos atípicos, especialmente diante da complexidade

clínica dessas enfermidades. Enquanto a Ressonância Magnética apresenta maior contribuição estrutural e microanatômica, PET e SPECT demonstram elevada sensibilidade na identificação precoce do comprometimento dopaminérgico e metabólico associado à neurodegeneração. Assim, a integração entre modalidades estruturais e funcionais evidencia-se como abordagem promissora para ampliar a acurácia diagnóstica, favorecer o monitoramento evolutivo e contribuir para intervenções terapêuticas mais precoces e individualizadas. Apesar das limitações relacionadas ao custo e à padronização metodológica, os avanços da neuroimagem multimodal, associados ao desenvolvimento de biomarcadores e à inteligência artificial, reforçam perspectivas promissoras para o aprimoramento do diagnóstico precoce e do manejo clínico dos parkinsonismos.

REFERÊNCIAS

- CABREIRA, Verónica; MASSANO, João. Doença de Parkinson: revisão clínica e atualização. *Acta Médica Portuguesa*, Lisboa, v. 32, n. 10, p. 661-670, 2019.
- CANTUÁRIA, Aline de Souza. *Medicina Nuclear*. Organização de Francisco Antônio de Almeida Filho. São Paulo: Corpus, 2021.
- CHENG, Zhibiao; CHEN, Ping; YAN, Jianhua. A review of state-of-the-art resolution improvement techniques in SPECT imaging. *EJNMMI Physics*, Londres, v. 13, n. 1, p. 9, 2025.
- FABIANI, Giorgio Barbosa. *Avaliação do SPECT cerebral com 99mTc-TRODAT-1 no diagnóstico diferencial de parkinsonismos*. 2021. Dissertação (Mestrado em Medicina Interna e Ciências da Saúde) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.
- FILGUEIRA, Luíze Foizer. *Técnicas de medicina nuclear utilizadas no diagnóstico da doença de Parkinson*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2018.
- GUIMARÃES, Karla Larissa Lira; LIMA, Débora Rose dos Santos; LECAMPION, Isabelle Barreto de Aragão. Ressonância magnética na investigação de doenças neurodegenerativas. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 1-17, 2026.
- GUJRAL, J. et al. PET, SPECT, and MRI imaging for evaluation of Parkinson's disease. *American Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, Nova York, v. 14, n. 6, p. 371-390, 2024.

JURI, Carlos; WANNER, Vivian. Neuroimágenes en enfermedad de Parkinson: rol de la resonancia magnética, el SPECT y el PET. *Revista Médica Clínica Las Condes*, Santiago, v. 27, n. 3, p. 380-391, 2016.

KOULI, A.; TORSNEY, K. M.; KUAN, W. L. Parkinson's disease: etiology, neuropathology, and pathogenesis. *The Clinical Biochemist Reviews*, Melbourne, v. 43, n. 2, p. 1-21, 2022.

LACERDA, Aloísio Oliveira; BORGES, Lucas Lourenco. Parkinsonismo atípico: diagnóstico e prognóstico. *Revista Delos*, Málaga, v. 18, n. 72, p. e6783, 2025.

LANCIEGO, J. L.; LUQUIN, N.; OBESO, J. A. Functional neuroanatomy of the basal ganglia. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, Nova York, v. 2, n. 12, p. 1-20, 2012.

LAURETANI, Fulvio et al. Imagem da neuroanatomia funcional da doença de Parkinson: aplicações clínicas e direções futuras. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basileia, v. 18, n. 5, p. 2356, 2021.

LEUNG, Isabella Hoi Kei; STRUDWICK, Mark William. A systematic review of the challenges, emerging solutions and applications, and future directions of PET/MRI in Parkinson's disease. *EJNMMI Reports*, Londres, v. 8, n. 1, p. 3, 2024.

MEGA, Mirela Xavier de Mello. *Correlação entre a densidade de transportadores dopaminérgicos no corpo estriado, a progressão da doença e o grau de incapacidade em pacientes com doença de Parkinson*. 2023. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

MESQUITA, Luís Pedro Miranda. *Avaliação do corpo estriado e da substância negra na doença de Parkinson através de imagens de ressonância magnética [T2w] e DaTSCAN SPECT*. 2023. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2023.

OH, Minyoung et al. Diagnostic accuracy of 18F-FP-CIT PET for clinically uncertain parkinsonian syndrome. *Scientific Reports*, Londres, v. 13, p. 15069, 2023.

OLIVEIRA, Mariana Damas Mora de Arantes. *Aplicação de radiofármacos no diagnóstico de patologias cerebrais e doenças neurodegenerativas*. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

OLIVEIRA, Rômulo Varella de; PEREIRA, João Santos. O papel da difusão por ressonância magnética na doença de Parkinson e no diagnóstico diferencial com parkinsonismo atípico. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v. 50, n. 4, p. 250-257, 2017.

PEREIRA, Daniel Antunes et al. Alterações na substância negra e via nigroestriatal em diferentes técnicas de neuroimagem na doença de Parkinson: uma revisão integrativa da literatura. *Research, Society and Development*, Vargem Grande Paulista, v. 12, n. 1, p. e8212139591, 2023.

PITELLA, Felipe Arriva. *Avaliação quantitativa e qualitativa da densidade de transportadores pré-sinápticos de dopamina em pacientes saudáveis e em portadores de Doença de Parkinson: um estudo de*

SPECT com [99mTc]-TRODAT-1. 2017. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PITELLA, Felipe Arriva et al. Doença de Parkinson e discinesias induzidas por levodopa: uma análise quantitativa por meio de imagens SPECT de 99mTc-TRODAT-1 do cérebro. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v. 57, p. e20230082, 2024.

REVISTA BRASILEIRA DE PSIQUIATRIA. Neuroimagem em transtornos neurológicos. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, São Paulo, v. 23, supl. 1, p. 4-5, 2001.

SHIH, Ming Chi et al. Neuroimagem do transportador de dopamina na doença de Parkinson: primeiro estudo com [99mTc]-TRODAT-1 e SPECT no Brasil. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, São Paulo, v. 64, n. 3-A, p. 628-634, 2006.

SÍMARO, Guilherme Venâncio et al. Uso da neuroimagem funcional como preditor de resposta clínica à estimulação cerebral profunda precoce na doença de Parkinson. *Revista dos Seminários de Iniciação Científica*, v. 8, n. 3, 2026.

TÁVORA, Daniel Gurgel Fernandes. *Alterações do sono, alteração cognitiva e avaliação de estruturas cerebrais através de ressonância magnética e morfometria baseada em voxel na doença de Parkinson*. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

TINAZ, Sule; LAURO, Peter M.; GHOSH, Pritha; LUNGU, Codrin; HOROVITZ, Silvina G. Changes in functional organization and white matter integrity in Parkinson's disease. *NeuroImage: Clinical*, Amsterdã, v. 13, p. 395-404, 2017.

17

VITOR, Taise et al. PET/RM: um novo método de imagem híbrida. Principais indicações clínicas e experiência preliminar no Brasil. *Einstein (São Paulo)*, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 115-118, 2017.