



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO DE TECNÓLOGO EM RADIOLOGIA

NOEMI FONSÊCA RANGEL

**DIAGNÓSTICO DE ALZHEIMER COM AUXÍLIO DA ESPECTROSCOPIA POR
RESSÔNANCIA MAGNÉTICA**

JOÃO PESSOA

2025

NOEMI FONSÊCA RANGEL

**DIAGNÓSTICO DE ALZHEIMER COM AUXÍLIO DA ESPECTROSCOPIA POR
RESSÔNANCIA MAGNÉTICA**

Trabalho de pesquisa entregue à Faculdade de Enfermagem Nova Esperança como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Linha de pesquisa: Diagnóstico por imagem.

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Débora Teresa da Rocha Gomes Ferreira de Almeida

JOÃO PESSOA

2025

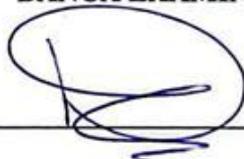
FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO DE TECNÓLOGO EM RADIOLOGIA

**DIAGNÓSTICO DO ALZHEIMER COM AUXÍLIO DA ESPECTROSCOPIA POR
RESSÔNANCIA MAGNÉTICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado pela aluna **Noemi Fonsêca Rangel**, do Curso de Tecnólogo em Radiologia, tendo obtido o conceito Aprovado conforme a apreciação da banca examinadora.

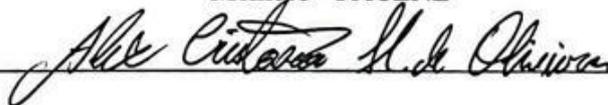
Aprovado em 29 de maio de 2025.

BANCA EXAMINADORA



Profª Drª Débora Teresa da Rocha Gomes Ferreira de Almeida

Membro - FACENE



Profº Drº Alex Cristóvão Holanda de Oliveira

Membro - FACENE

Profº Drº Arthur da Nóbrega Carreiro

Membro - FACENE

R155d

Rangel, Noemi Fonsêca

Diagnóstico de Alzheimer com o auxílio da espectroscopia por ressonância magnética / Noemi Fonsêca Rangel. – João Pessoa, 2025. 23f.; il.

Orientadora: Prof.^a D.^a Débora Teresa da Rocha Gomes Ferreira de Almeida.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Radiologia) – Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Espectroscopia Cerebral. 2. Biomarcadores Metabólicos. 3. Neuroimagem. 4. Diagnóstico de Alzheimer. I. Título.

CDU: 615.849

DIAGNÓSTICO DE ALZHEIMER COM O AUXÍLIO DA ESPECTROSCOPIA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

DIAGNOSIS OF ALZHEIMER'S WITH THE HELP OF MAGNETIC RESONANCE SPECTROSCOPY

RESUMO

O propósito deste trabalho é examinar, através de uma revisão integrativa da literatura, a utilização da Espectroscopia por Ressonância Magnética (ERM) como uma ferramenta auxiliar para o diagnóstico precoce da Doença de Alzheimer (DA). A investigação foi conduzida em plataformas como PubMed, SciELO e Google Acadêmico, resultando na escolha de 7 estudos pertinentes que discutiram tanto os aspectos técnicos quanto os clínicos da ERM. Os achados revelaram que essa metodologia pode detectar modificações nos metabólitos cerebrais, especialmente a diminuição do N-acetil aspartato (NAA) e o aumento do mio-inositol (mI), os quais são marcadores bioquímicos relacionados à neurodegeneração. Tais modificações foram identificadas inclusive em pessoas com comprometimento cognitivo leve, demonstrando o potencial da ERM para diagnósticos precoces, antes mesmo do surgimento de sinais clínicos evidentes. Apesar do seu potencial, a aplicação da ERM na prática clínica continua lidando com obstáculos, como alto custo, falta de acesso, necessidade de protocolos padronizados e uma quantidade limitada de estudos. A técnica se mostrou promissora para complementar a ressonância magnética tradicional, permitindo uma análise metabólica em vivo e não invasiva, aplicável tanto para diagnóstico quanto para mapeamento de evolução da doença. O estudo sugere que a ERM pode significar um progresso considerável na personalização do tratamento e na melhoria da qualidade de vida dos pacientes, desde que sejam superadas as dificuldades atuais através de novas investigações e investimentos em formação dos profissionais.

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscopia cerebral. Biomarcadores metabólicos. Neuroimagem. Diagnóstico de Alzheimer

ABSTRACT

The aim of this study is to examine, through an integrative literature review, the use of Magnetic Resonance Spectroscopy (MRS) as an auxiliary tool for the early diagnosis of Alzheimer's Disease (AD). The investigation was conducted on platforms such as PubMed, SciELO and Google Scholar, resulting in the selection of 7 relevant studies that discussed both the technical and clinical aspects of MRS. The findings revealed that this methodology can avoid modifications in dangerous metabolites, especially the decrease in N-acetyl aspartate (NAA) and the increase in myo-inositol (mI), which are biochemical markers related to neurodegeneration. Such changes were identified even in people with mild cognitive impairment, demonstrating the potential of MRS for early diagnosis, even before the emergence of evident clinical signs. Despite its potential, the application of MRS in clinical practice continues to face obstacles, such as high cost, lack of access, need for standardized protocols and a limited number of studies. The technique has shown promise as a complement to traditional magnetic resonance imaging, allowing for in vivo and non-invasive metabolic analysis, applicable both for diagnosis and for mapping the progression of the disease. The study suggests that MRS can represent considerable progress in personalizing treatment and improving the quality of life of patients, provided that current difficulties are overcome through new research and investment in training professionals.

KEYWORDS: Brain spectroscopy. Metabolic biomarkers. Neuroimaging. Alzheimer's diagnosis.

INTRODUÇÃO

O processo de senescência é um fator natural ao qual todo ser vivo está destinado. Porém, com o passar das décadas, o número de idosos tem aumentado na sociedade, como consequência do maior acesso à saúde e dos avanços tecnológicos, os quais vem implementando variadas formas de diagnóstico e recursos terapêuticos para patologias que muitas vezes eram de difícil reconhecimento.^[1]

Dados apontam que, no Brasil, nas últimas duas décadas, a população com mais de 60 anos teve um aumento de 6,9%, somando assim 15,6% cidadãos. A estimativa é que, nos próximos 50 anos, esse percentual suba para cerca de 37,8% dos habitantes brasileiros idosos. Essas estimativas tendem a aumentar, tendo em vista que, a cada dia, as pessoas buscam hábitos de vida mais saudáveis, alongando a expectativa de vida da população.^[2]

A redução na taxa de natalidade e o aumento da expectativa de vida de fato tem favorecido a crescente nos índices de projeção demográfica relacionada ao envelhecimento populacional nas próximas décadas. O envelhecer traz consigo efeitos que impactam diretamente na vida e rotina do idoso, pois acompanha uma degeneração natural das suas capacidades cognitivas e fisiológicas, atrapalhando sua autonomia e gerando uma dependência de familiares para realizar atividades do seu cotidiano.^[3]

O sistema neural humano é composto por várias células nervosas que, com o decorrer da idade, passam por alguns processos degenerativos naturais e outros patológicos. Entre essas patologias, podemos citar a Doença de Alzheimer, Mal de Parkinson e outros.^[4]

As patologias neurodegenerativas possuem um grande impacto na vida do acometido e de sua família, produzindo dependência e fragilidade do indivíduo, além de sobrecarga de cuidados para os familiares.^[5]

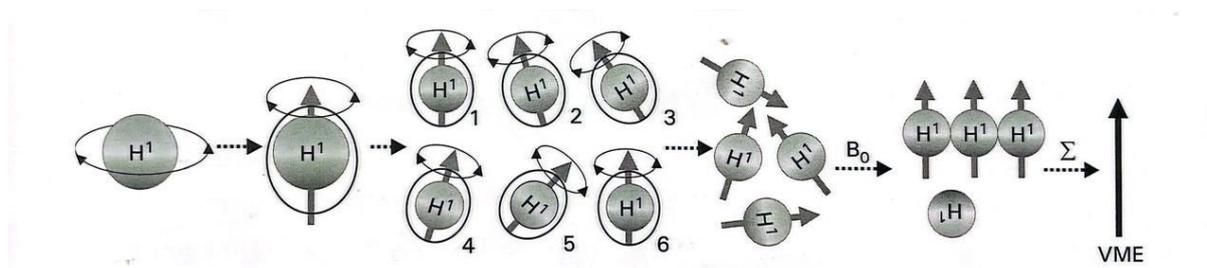
A DA é uma condição que não possui cura, com neurodegeneração progressiva, provocando perda da memória e várias disfunções cognitivas, dificultando a realização de atividades cotidianas. Há fatores que podem contribuir para a probabilidade da patologia, mesmo, em inferior ocorrência, como alterações genéticas e histórico familiar.^[6]

A DA é encarada como a doença da velhice. No Brasil, a maior incidência é no sexo feminino, representando 65% dos casos e 35% no sexo masculino, com predomínio em idosos entre 70 e 80 anos. Apesar da DA ser uma patologia cujo surgimento se dá em idade mais avançada, é importante o diagnóstico precoce, pois seu desenvolvimento é

progressivo e impacta diretamente na vida do indivíduo. A ressonância magnética (RM) é um dos exames usados para obter neuroimagem e tem prevalecido no diagnóstico, tornando-se de grande importância para a investigação e mapeamento, pois gera imagens de alta resolução, possibilitando a análise de alterações na estruturas ou alguma atrofia cerebral no indivíduo.^[7]

A RM é um exame de imagem cujo equipamento utiliza um potente campo eletromagnético que alinha os prótons (carga elétrica positiva) no corpo em direção ao campo magnético aplicado, estimulados por rádio frequência (RF). Essa frequência específica (frequência Lamor) despacha um sinal de rádio que, após capturado, pode ser transformado em imagens tridimensionais.^[8]

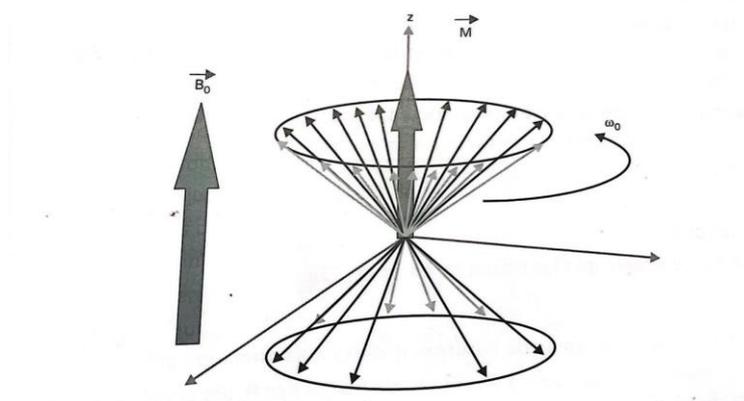
FIGURA 1. Átomos de H^1 se alinham após serem exposto a um campo magnético externo. A soma de todos os alinhamentos (momento magnético) é denominada VME



FONTE: adaptado de Bitar R, Leung G, Perng R, Tradós S, Moody AR, Sarrazin J et al. MR pulse sequences: what every radiologist wants to know but is afraid to ask. RadioGraphics 2006, 26(2):513-37

O corpo humano possui milhares de prótons de diferentes cargas que realizam o movimento de *spin* (giro no próprio eixo). Porém, apesar de serem diversos, na RM, as essenciais são os prótons com átomos de hidrogênio (H^1). Seu núcleo possui propriedades eletromagnéticas, o que os torna ímãs, com uma tendência maior a se alinharem ao campo magnético de forma paralela a ele.^[9]

FIGURA 2. Demonstra o fenômeno de precessão de Lamor



FONTE: adaptado de Vugman & Herbst. Introdução à ressonância paramagnética eletrônica de onda contínua. Aplicações ao estudo de complexos de metais de transição.1. ed. Rio de Janeiro: Auremn, 2005.

Trata-se de um método para aquisição de imagem não invasivo, que não utiliza radiação. A qualidade de uma imagem da RM permite distinção dos tecidos (principalmente partes moles) e estabelecimento das estruturas, ajudando a localizar mais precisamente patologias, inclusive indícios neurodegenerativos ligados à DA. A RM trouxe muitos avanços para o diagnóstico por imagem. A qualidade no detalhamento de partes moles e a possibilidade de diversos planos de cortes ofereceu um salto no diagnóstico e descoberta de neuropatologias, como a DA. O uso para identificação de biomarcadores relacionados à doença vem sendo cada vez mais imprescindível para o diagnóstico precoce e mapeamento da patologia, que, combinados a sistemas de inteligência artificiais (IA), encontra padrões de DA com agilidade e precisão tornando os resultados mais exatos.^[10]

Sobretudo, a RM complementa a espectroscopia, a qual auxilia na verificação de alterações nos metabólitos cerebrais mediante desvios químicos de prótons associados à DA.^[8] A ERM utiliza biomarcadores para investigar metabólitos cerebrais de forma não invasiva. Ela é baseada no mesmo princípio físico da RM. O que diferencia os dois é a forma de representação da imagem, uma vez que a ressonância representa imagens anatômicas, enquanto a ERM representa seus resultados por gráficos. A ERM pode ser realizada no equipamento padrão em ambiente clínico, manipulando a potência do campo a ser aplicado.^{[8][11]}

O principal átomo utilizado é o de H^1 , por ser encontrado em maior quantidade no corpo. No diagnóstico para a DA, a ERM se torna de grande importância, pois possibilita a visualização de metabólitos do tecido nervoso *in vivo*, demonstrando de forma mais

específica os metabólitos de N-acetilaspártato (NAA), Mio-inositol (ml), Colina (Cho) e Creatina (Cr), trazendo um diagnóstico precoce e possibilitando um controle e tratamento adequado da doença, melhorando assim a qualidade de vida do paciente.^[12]

TABELA 1. Biomarcadores metabólitos analisados na ERM.

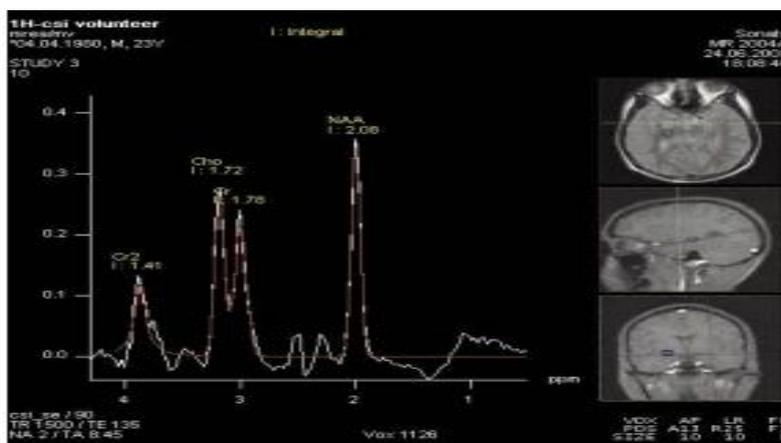
METABÓLITOS	ALTERAÇÕES COMUNS
<i>N-acetilaspártato (NAA)</i>	↓ em doenças neurodegenerativas (ex: Alzheimer, esclerose múltipla).
<i>Colina (Cho)</i>	↑ em tumores, desmielinização, inflamações.
<i>Creatina (Cr)</i>	Normalmente estável, serve como referência. ↓ em casos de perda de energia celular.
<i>Mio-inositol (ML)</i>	↑ no Alzheimer (considerado biomarcador precoce).

O diagnóstico precoce traz consigo a possibilidade de controle na progressão da DA e a melhora na qualidade de vida do paciente. Assim, a ERM surge como uma técnica avançada e não invasiva, que permite a análise metabólica cerebral. Através dessa técnica, é possível analisar alterações químicas em tecidos cerebrais, como também a redução de metabólitos relacionados à função neuronal, antes mesmo de surgirem os primeiros sinais clínicos perceptíveis.^[13]

A ERM tem uma relevância considerável para o diagnóstico precoce da DA: quanto mais cedo descoberto, maiores as chances de sucesso no tratamento. Evidências atuais mostram que os primeiros sinais fisiológicos (biomarcadores amilóides) podem ser apresentados de forma anormal entre 10 e 20 anos antes do primeiro sintoma clínicos perceptíveis. O diagnóstico precoce produz uma resposta terapêutica mais proveitosa, planejamento familiar e ajuste na rotina do indivíduo, visando sempre ao seu bem-estar físico e mental.^[14]

A ERM sempre irá se iniciar pela aquisição anatômica de RM, selecionando um VOI para a realização da espectroscopia. Existem duas modalidades: a Single Voxel Spectroscopy (SVS) e a Multi Voxel Spectroscopy (MVS).^[15]

FIGURA 3. Espectroscopia com demonstração da área anatomica selecionada

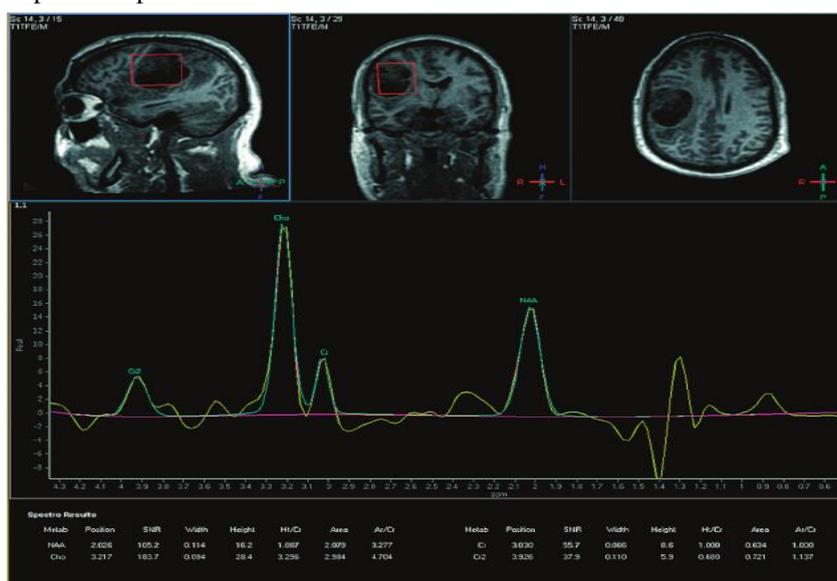


FONTE: Siemens, 2008

SVS – A espectroscopia de voxel único possui um menor tempo de aquisição e, por ser uma técnica automatizada, torna-se de mais fácil manipulação; Porém, seu campo de estudo é limitado, o que pode não ser indicado para alguns estudos de casos.^[16]

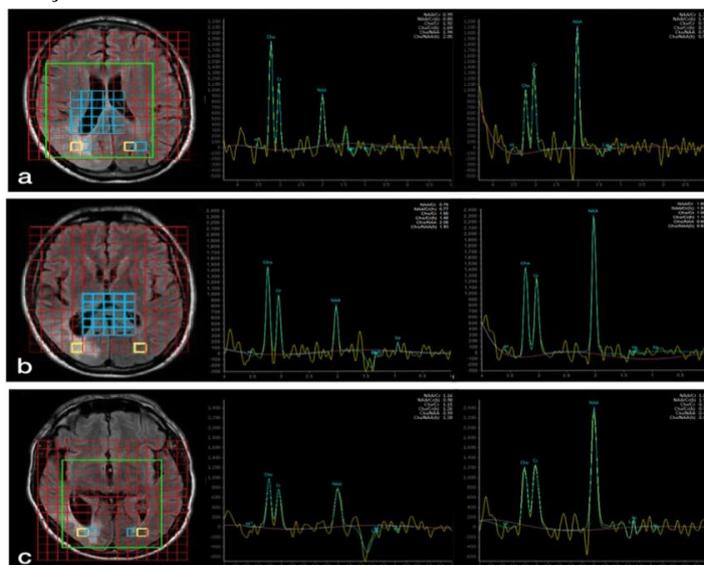
MVS – Multivoxel é uma técnica que utiliza vários voxels em distribuição espacial para análise dos metabólitos. A resolução espacial também está diretamente ligada ao número de voxel: quanto maior a quantidade e menor o tamanho, melhor é a resolução. Mas é necessário maior tempo para aquisição.^[15]

FIGURA 4. Espectroscopia SVS



FONTE: https://www.researchgate.net/figure/A-38-year-old-man-with-glioblastoma-multiforme-as-confirmed-by-biopsy-NAA-Cr-189_fig2_49688810

FIGURA 4. Representação da ERM multivoxel



FONTE:https://www.researchgate.net/figure/Multi-voxel-MR-spectroscopy-TE144ms-Extended-MR-Workspace-2635-Philips-Medical_fig5_344546166

A ERM tem contribuído de forma indispensável, facilitando e dando mais precisão ao diagnóstico médico, principalmente na área de neuroimagem, oferecendo maior chance de diagnóstico precoce e trazendo melhores chances de uma vida confortável para o paciente. Diante disso, esse trabalho tem como objetivo de fornecer uma análise crítica sobre a eficácia, vantagens e limitações da Espectroscopia por Ressonância Magnética (ERM) em relação aos métodos tradicionais na observação de biomarcadores metabólicos cerebrais correlacionados à Doença de Alzheimer (DA), identificando sua importância para o diagnóstico precoce da DA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo utilizou uma revisão literária integrativa sobre o diagnóstico da Doença de Alzheimer com o auxílio da Espectroscopia. Essa abordagem possibilitou uma análise crítica e uma revisão sistemática de estudos relevantes já existentes sobre o tema proposto, buscando a compreensão dos avanços, das limitações e aplicações da técnica durante o diagnóstico da doença. Os artigos selecionados foram analisados por meio de uma leitura exploratória e analítica. Os dados extraídos incluíram informações detalhadas sobre a espectroscopia, biomarcadores e eficiência no diagnóstico. Com essa metodologia, foram obtidos resultados para construção de base teórica sólida e atualizada, com informações essenciais para se realizar uma discussão promissora sobre como a Espectroscopia por Ressonância Magnética auxilia no diagnóstico precoce e mapeamento da Doença de Alzheimer, gerando uma abordagem terapêutica mais eficiente para tratamento da patologia.

Os dados foram obtidos em artigos científicos enquadrados nos critérios de inclusão. Utilizaram-se como base de dados plataformas de pesquisa científicas: Google Acadêmico, SciELO e PubMed. Os artigos científicos foram revisados por pares, com publicações em inglês ou português, estudos com foco em Alzheimer e neuroimagem, entre os anos 2000 e 2025. Elencaram-se as seguintes palavras-chaves: Espectroscopia cerebral, Biomarcadores metabólicos, Neuroimagem e Diagnóstico de Alzheimer, sendo descartados todos os estudos que não se encaixaram com o tema.

Foi realizada uma busca de forma sistemática nas bases de dados, utilizando combinações das palavras-chaves. Os artigos foram selecionados como relevantes com base no título e resumo, segundo o critério de inclusão e exclusão. Os artigos foram lidos integralmente e deles extraídos informações sobre Princípios técnicos da ERM, Metabólitos relacionados ao Alzheimer, Comparações entre ERM e métodos convencionais, Estudos de casos ou ensaios clínicos. As informações obtidas estão organizadas em tabelas e quadros comparativos, a fim de identificar padrões, tendências e lacunas nos estudos.

A disponibilidade dos dados teve significativa influência sobre os resultados da pesquisa, assim demonstrado no **Fluxograma 1**, podendo ser considerado como um critério de exclusão, tendo em vista que uma parte expressiva não dispunha de um acesso total.

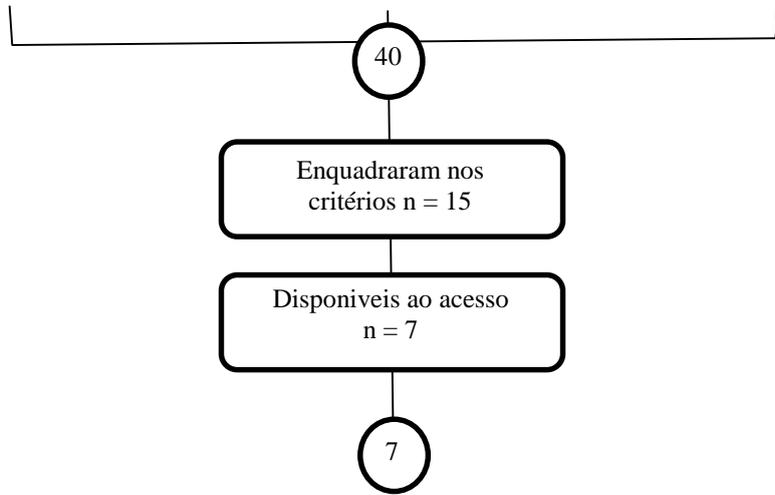
Os dados foram analisados de forma qualitativa, visando observar os padrões estatísticos relacionados ao diagnóstico da DA através da Espectroscopia por RM.

FLUXOGRAMA 1. Artigos selecionados.

Artigos identificados na base
de dados PubMed
n = 6

Artigos identificados na base
de dados Google Acadêmico
n = 25

Artigos ideidentificados na
base de dados Scielo
n = 9



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos por meio de uma revisão literária integrativa, tendo como objetivo analisar de forma crítica e eficaz a identificação alterações de metabólitos cerebrais através do exame de Espectroscopia por Ressonância Magnética e como esses resultados podem ser úteis no diagnóstico precoce da Doença de Alzheimer, trazendo a possibilidade de uma abordagem mais precisa e eficiente. Nas **Tabelas 2 e 3**, foram apresentados os achados, distribuídos visando clareza, para melhor interpretação dos dados.

Com uma busca inicial, foram obtidos 40 estudos, 15 foram selecionados pelo critério de inclusão, sendo apenas 7 considerados para análise nesta pesquisa.

Tabela 2. Estudos incluídos nesta revisão, de acordo com tipo do estudo, objetivo e amostra.

AUTOR/ANO	TIPO DO ESTUDO	OBJETIVO	AMOSTRA
Engelhardt et al. (2001)	Estudo observacional	Avaliar alterações metabólicas no hipocampo por espectroscopia em paciente com DA.	60 paciente (20 controles saudáveis e 40 com DA), pareados por idade.
Souza et al. (2020)	Revisão bibliografica	Avaliar a espectroscopia por RM de prótons como ferramenta diagnóstica para a doença de Alzheimer.	Estudos publicados em português e inglês nas bases Medline, SciElo, Google Scholar, PubMed e BVS.
Schilling et al. (2022)	Consenso de especialistas	Estabelecer diretrizes atualizadas para o diagnóstico da Doença de Alzheimer no Brasil, considerando os avanços científicos e as particularidades do sistema de saúde brasileiro.	Não aplicável (documento de consenso baseado em revisão de literatura e experiência clínica)
Graff-Radford et al. (2013)	Meta-análise	Investigar, por meio de uma meta-análise, as alterações nos níveis de metabólitos cerebrais detectados pela espectroscopia por ressonância magnética de prótons (¹ H-ERM) em pacientes com Doença de Alzheimer (DA).	29 estudos incluídos, com amostras variadas de pacientes diagnosticados com DA e grupos de controle saudáveis.

Souza (2005)	Estudo observacional	Avaliar os achados da espectroscopia de prótons no corte parietal—cígulo posterior e sua relação com escalas cognitivas em pacientes com DA, comprometimento cognitivo amnésico (CCA) e controles normais (CN).	Paciente com DA, CCA e CN; número específico de participantes não informado.
Mato Abad et al. (2014)	Estudo observacional	Desenvolver um processo automático para integrar dados espectroscópicos e imagens anatômicas de alta resolução, visando quantificar concentrações de metabólitos cerebrais considerando os volumes parciais de tecido dentro do voxel de interesse, sem a necessidade de aquisições adicionais específicas para correção de volume parcial.	135 indivíduos (47 homens e 88 mulheres), com idades entre 57 e 99 anos, classificados em quatro grupos: 38 participantes saudáveis, 20 pacientes com comprometimento cognitivo leve amnésico, 22 com comprometimento cognitivo leve multidomínio e 55 pacientes com Doença de Alzheimer.
Azevedo et al. (2005)	Estudo observacional	Descrever os achados da espectroscopia de prótons (¹ H-ERM) na doença de Alzheimer (DA) e no comprometimento cognitivo sem demência (CIND) em uma amostra da comunidade	20 indivíduos: 6 com DA, 7 com CIND e 7 controles normais, todos originários da comunidade

Dos estudos abordados e expostos na **Tabela 2**, 5 apresentaram dados quantitativos de amostra, totalizando em média 316 participantes envolvidos. Desses, 121 pacientes foram diagnosticados com DA, 56 apresentavam CCL (comprometimento cognitivo leve) ou alterações cognitivas sem demência e 65 eram pessoas saudáveis. Souza et al.^[12] e Schilling et al.^[17] não utilizaram amostras diretas, pois tratam de uma revisão bibliográfica e um consenso de especialistas, respectivamente.

Tabela 3. Principais resultados e conclusões dos estudos incluídos.

AUTOR/ANO	TÍTULO DO ESTUDO	CONCLUSÃO	PRINCIPAIS RESULTADOS
Engelhardt et al. (2001)	Espectroscopia por ressonância magnética de prótons no hipocampo em pacientes com Doença de Alzheimer	A espectroscopia por RM é útil para detectar alterações metabólicas em regiões afetadas pela DA.	A espectroscopia por RM é útil para detectar alterações metabólicas em regiões afetadas pela DA.
Souza et al. (2020)	Magnetic resonance spectroscopy in the diagnosis of Alzheimer's disease (RSD Journal)	A espectroscopia é promissora como ferramenta diagnóstica precoce, mas ainda exige padronização para uso clínico rotineiro.	mI elevado e NAA reduzido são marcadores consistentes na DA.
Schilling et al. (2022)	Diagnóstico da doença de Alzheimer: recomendações da ABN	A ERM é recomendada como exame complementar em contextos especializados.	Reforça o uso de biomarcadores e exames por imagem no diagnóstico da DA.
Graff-Radford, J., & Kantarci, K. (2013)	Magnetic Resonance Spectroscopy in Alzheimer's Disease	Confirma que a ERM é eficaz na diferenciação metabólica entre DA e envelhecimento normal.	Redução significativa de NAA; aumento de mI/Cr e mI/NAA; resultados heterogêneos para Cho/Cr.
Souza (2005)	Espectroscopia de prótons na demência de Alzheimer e no comprometimento cognitivo	A ERM mostra correlação entre alterações metabólicas e escalas cognitivas, sendo útil no diagnóstico precoce.	Redução de NAA e aumento de mI nos grupos com CCA e DA em comparação aos controles.
Mato Abad et al. (2014)	The Partial Volume Effect in the Quantification of 1H MRS in Alzheimer's Disease and Aging	O ajuste de volume parcial melhora a precisão da quantificação metabólica na ERM.	Metodologia avançada para corrigir efeitos de volume parcial; NAA reduzido e mI elevado na DA
Azevedo et al. (2005)	Espectroscopia de prótons na doença de Alzheimer e no comprometimento cognitivo sem demência (ANP)	A ERM detecta alterações metabólicas antes da demência plena, sendo útil para avaliação precoce.	Redução de NAA e elevação de mI em pacientes com CIND e DA comparados aos controles.

A ERM é uma modalidade da RM que possibilita a análise da concentração química (metabólitos) presente nas células cerebrais, nas regiões mais afetadas pela patologia a ser estudada. Segundo Graff-Radford et al.^[18] e Souza^[19], Espectroscopia é de grande valia, pois possibilita a análise de forma não invasiva e *in vivo*, gerando o mapeamento de progressão da doença e também a descoberta precoce em casos de mutações genética associada ao histórico familiar, antes mesmo dos primeiros sintomas notáveis. É assim um instrumento viável para diagnóstico do Alzheimer como também de outras patologias neurais.

Os estudos de Azevedo et al.^[20] e Engelhardt et al.^[21] mostraram que a neurodegeneração se inicia na região medial do lobo temporal, progredindo para regiões correlacionadas ao temporoparietal e frontais e em estágios mais avançados as áreas corticais primárias. Engelhardt et al.^[21] destacaram ainda a Espectroscopia como um forte candidata para refinar o diagnóstico da DA, sendo seus achados encontrados no hipocampo de grande importância.

Os estudos selecionados para análise demonstraram um padrão consistente nos metabólitos cerebrais. Todos os estudos que utilizaram amostras quantitativas de pacientes identificaram a redução do N-acetilaspártato (NAA) e aumento mio-inositol (ml) em pacientes com DA, enfatizando esses metabólitos como potenciais candidatos a marcadores diagnósticos da doença.

É importante destacar que mudanças no metabolismo foram identificadas não só em pessoas com Alzheimer confirmado. Azevedo et al.^[20] e Mato Abad et al.^[22] encontraram alterações em pacientes com dificuldades cognitivas leves. Isso mostra que a ERM tem potencial para ajudar na previsão antes da atrofia visível, tornando-se útil para o diagnóstico.

Apesar de promissora na detecção precoce, Souza et al.^[12] e Schilling et al.^[17] trazem à atenção para falta de protocolos para padronização clínica, dificultando assim a abordagem como um exame de rotina nos serviços de saúde. A correção do Volume Parcial, o que permitiria uma maior assertividade na quantificação dos metabólitos, é um avanço sugerido por Mato Abad et al.^[22]. Essas mudanças técnicas resultam em diagnósticos mais precisos e precoces.

Os resultados obtidos e discriminados na **Tabela 3** deixaram clara a importância da ERM para o diagnóstico do Alzheimer, assim como outras doença neurais. Os estudos apontaram um consistente padrão dos metabólitos, com potencial clínico para uso dessa técnica como completar as imagens convencionais.

No entanto, ainda há pontos a serem considerados apesar da relevância da técnica, como: escassez de estudos, limitação ao acesso (o custo mais elevados e a falta de suporte na saúde

publica faz com que nem todas as pessoas possam ter acesso) e a necessidade de protocolos clínicos padronizados. A consolidação dessa técnica pode futuramente impactar significativamente no diagnóstico e na abordagem clínica das demências, trazendo a possibilidade de um diagnóstico precoce com também uma maior personalização dos tratamentos, trazendo justificativa para continuidade das pesquisas como também incentivo para capacitação de profissionais da área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho alcançou seu objetivo ao demonstrar por meio de uma revisão integrativa a importância da Espectroscopia por Ressonância Magnética no diagnóstico precoce do Alzheimer. Os estudos revelaram que a ERM é uma técnica promissora para auxílio clínico na investigação da DA. As análises expuseram redução da NAA e aumento do mI como marcadores precoces para a patologia, antes mesmo do aparecimento dos primeiros sintomas perceptíveis, tornando-se assim uma ferramenta útil para auxiliar no diagnóstico precoce dessa patologia. Apesar do potencial, ainda há desafios como custos, acesso, padronização e capacitação de profissionais. A escassez de publicações sobre o assunto abordado representou desafio durante a seleção dos estudos, destacando lacunas na literatura científica. Desse modo, é de suma importância a elaboração de novas pesquisas, a fim de consolidar a ERM na prática clínica, tornando-a mais acessível para toda população necessitante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. World Health Organization. Ageing [Internet]. World Health Organization. 2024 [cited 2025]. Available from: https://www.who.int/health-topics/ageing#tab=tab_1
2. Censo Demográfico [Internet]. Censo Demográfico 2022 - IBGE. 2022. Available from: <https://censo2022.ibge.gov.br/>
3. Ladeira J Dos S, Maia BDC, Guimarães AC. Principais Alterações Anatômicas No Processo De Envelhecimento [Internet]. UNOESC. 2017 [cited 2025]. Available from: <https://openrit.grupotiradentes.com/xmlui/handle/set/6871>
4. Michelin R. Uma Visão Estatística Do Mal De Alzheimer [Internet]. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul Instituto De Matemática E Estatística Departamento De Matemática Pura E Aplicada; [cited 2025]. Available from: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/136707/Poster_41739.pdf
5. Marques YS, Casarin F, Huppel B, Maziero BR, Gehlen MH, Ilha S. Doença De Alzheimer Na Pessoa Idosa/Família: Potencialidades, Fragilidades E Estratégias. Cogitare Enfermagem [Internet]. 2022 Apr 13 [cited 2025];27. Available from: <https://www.scielo.br/j/cenf/a/8N5pZryQ6nsgBVbbxLGJhpy>
6. Aprahamian I, Martinelli J, Sanches Yassuda M. Doença De Alzheimer: Revisão Da Epidemiologia E Diagnóstico. Rev Bras Clin Med [Internet]. 2009 [cited 2025];7(27-35). Available from: <https://docs.bvsalud.org/upload/S/1679-1010/2009/v7n1/a27-35.pdf>
7. Araújo SRM, Cunha ER, Marques IL, Paixão SA, Dias A de FG, Sousa PM de, et al. Doença De Alzheimer No Brasil: Uma Análise Epidemiológica Entre 2013 E 2022 [Internet]. Vol. 12, Research, Society and Development. 2023. p. e29412240345. Available from: https://www.researchgate.net/publication/368525158_Doenca_de_Alzheimer_no_Brasil_uma_analise_epidemiologica_entre_2013_e_2022
8. Marcelo Souto Nacif, Guimarães F. Manual De Técnicas Em Ressonância Magnética. Editora Rubio; 2011.
9. Ribeiro HS. Ressonância Magnética E Seu Funcionamento Mecânico Para Gerar Imagens. Unisedubr [Internet]. 2018 [cited 2025]; Available from: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/588>

10. Silva G, Medeiros A, Sabino B, Britto C, Melo HJ de F e. Uso Da Inteligência Artificial Na Ressonância Magnética Para O Diagnóstico Da Doença De Alzheimer: Um Artigo De Revisão [Internet]. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Ciências Da Saúde*. 2022 [cited 2025]. Available from: <https://revistas.icesp.br/index.php/RBPeCS/article/view/1505>
11. Gambarota G. Optimization of Metabolite Detection by Quantum Mechanics Simulations in Magnetic Resonance Spectroscopy [Internet]. Vol. 529, *Analytical Biochemistry*. 2017 [cited 2025]. p. 65–78. Available from: doi: 10.1016/j.ab.2016.08.019
12. Souza KS, Miranda FSL, Silva MRF da, Leite KM, Silva J dos S, Silva RPL da, et al. Espectroscopia Por Ressonância Magnética No Diagnóstico Da Doença De Alzheimer [Internet]. Vol. 9, *Research, Society and Development*. 2020. p. e71991110349. Available from: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10349>
13. Mandal PK, Tripathi M, Sugunan S. Brain Oxidative stress: Detection and Mapping of anti-oxidant Marker “Glutathione” in Different Brain Regions of Healthy male/female, MCI and Alzheimer Patients Using non-invasive Magnetic Resonance Spectroscopy [Internet]. Vol. 417, *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2012 [cited 2020 Mar 9]. p. 43–8. Available from: https://www.researchgate.net/publication/51837370_Brain_oxidative_stress_Detection_and_mapping_of_anti-oxidant_marker_'Glutathione'_in_different_brain_regions_of_healthy_malefemale_MCI_and_A
14. Jack, Clifford R., et al. “Introduction to the Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer’s Association Workgroups on Diagnostic Guidelines for Alzheimer’s Disease.” *Alzheimer’s & Dementia*, May 2011, [www.alzheimersanddementia.com/article/S1552-5260\(11\)00100-2/pdf](http://www.alzheimersanddementia.com/article/S1552-5260(11)00100-2/pdf). Accessed 2025.
15. Olimpio A. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Programa De Pós Graduação Em Engenharia Biomédica Controle De Qualidade Em Espectroscopia De Prótons Por Ressonância Magnética [Internet]. 2019 [cited 2025]. Available from: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4219/1/CT_PPGE_B_M_Olimpio%2C%20Aline%20Beatriz_2019.pdf
16. Ricci PE, Pitt A, Keller PJ, Coons SW, Heiserman JE. Effect of voxel position on single-voxel MR spectroscopy findings. *AJNR American journal of neuroradiology* [Internet].

- 2000 Feb [cited 2025];21(2):367–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10696025/>
17. Schilling LP, Balthazar MLF, Radanovic M, Forlenza OV, Silagi ML, Smid J, et al. Diagnóstico da doença de Alzheimer: recomendações do Departamento Científico de Neurologia Cognitiva e do Envelhecimento da Academia Brasileira de Neurologia [Internet]. Vol. 16, Dementia & Neuropsychologia. 2022 [cited 2025]. p. 25–39. Available from: <https://www.scielo.br/j/dn/a/DYTTzwYjKYZV6KWKpBqyfXH/?lang=pt>
 18. Graff// Radford J, Kantarci K. Magnetic resonance spectroscopy in Alzheimer’s disease [Internet]. Neuropsychiatric Disease and Treatment. 2013 [cited 2025]. p. 687. Available from: <https://doi.org/10.2147/ndt.s35440>
 19. Souza AS de. Espectroscopia De Prótons Na Demência De Alzheimer E No Comprometimento Cognitivo [Internet]. 2005 [cited 2025]. Available from: <https://doi.org/10.11606/t.5.2005.tde-12042006-090739>
 20. Azevedo D, Bottino CMC, Tatsch M, Hototian SR, Bazzarella MC, Castro CC. Espectroscopia de prótons na doença de Alzheimer e no comprometimento cognitivo sem demência: estudo de uma amostra comunitária [Internet]. Vol. 63, Arquivos de Neuro-Psiquiatria. 2005 [cited 2025]. p. 1021–7. Available from: <https://doi.org/10.1590/s00004-282x2005000600021>
 21. Engelhardt E, Moreira DM, Laks J, Marinho VM, Rozenhal M, Oliveira Jr AC. Doença de Alzheimer e espectroscopia por ressonância magnética do hipocampo [Internet]. Vol. 59, Arquivos de Neuro-Psiquiatria. 2001 [cited 2025]. p. 865–70. Available from: <https://doi.org/10.1590/s0004-282x2001000600006>
 22. Mato Abad V, Quirós A, García-Álvarez R, Loureiro JP, Linera JÁ, Frank A, et al. The Partial Volume Effect in the Quantification of 1H Magnetic Resonance Spectroscopy in Alzheimer’s Disease and Aging [Internet]. Vol. 42, Journal of Alzheimer’s disease. IOS Press; 2014 [cited 2025]. p. 801–11. Available from: doi: 10.3233/JAD-140582