

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DE MAMA SEM CONTRASTE POR TENSOR DE DIFUSÃO NO DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE MAMA ASSOCIADO À GESTAÇÃO: AVANÇOS E PERSPECTIVAS

AUTORES

Jean Almeida de SOUZA

Thalyta de Freitas GUEDES

Discentes da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

Soraia El HASSAN

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

RESUMO

O câncer de mama associado à gestação apresenta desafios diagnósticos significativos devido às alterações fisiológicas da mama e à restrição no uso de radiação e contrastes. Este estudo objetiva revisar a literatura acerca da utilização da ressonância magnética (RM) sem contraste com imagem por tensor de difusão (DTI) no diagnóstico dessa condição, avaliando sua segurança, acurácia e aplicabilidade clínica. Foi realizada uma revisão bibliográfica qualitativa, considerando publicações de 2019 a 2025 nas bases PubMed, Scopus, SciELO e LILACS, utilizando descritores DeCS/MeSH relacionados a câncer de mama, gestação, ressonância magnética e difusão. Foram incluídos estudos que abordassem o uso do DTI em gestantes, publicados em inglês, espanhol ou português, e excluídos artigos incompletos ou duplicados. Os achados indicam que a RM sem contraste com DTI permite caracterizar microestruturas teciduais e diferenciar lesões benignas de malignas com boa sensibilidade e especificidade, mesmo em mamas densas. A técnica mostrou-se segura, não invasiva, bem tolerada pelas gestantes e capaz de fornecer parâmetros quantitativos, como o coeficiente aparente de difusão (ADC) e a anisotropia fracionada (FA), auxiliando na estratificação de risco e no acompanhamento terapêutico. Comparativamente, apresenta vantagens sobre mamografia e ultrassonografia, principalmente em termos de segurança fetal e precisão diagnóstica. Conclui-se que a RM sem contraste com DTI constitui uma alternativa promissora para diagnóstico precoce do câncer de mama em gestantes, oferecendo equilíbrio entre acurácia e segurança materno-fetal. Estudos futuros são necessários para padronização de protocolos e validação em larga escala, consolidando a técnica como componente de protocolos clínicos especializados.

PALAVRAS - CHAVE

Câncer de mama; Gestação; Ressonância magnética; Tensor de difusão; Diagnóstico precoce.

ABSTRACT

Pregnancy-associated breast cancer poses significant diagnostic challenges due to physiological changes in the breast and restrictions on the use of ionizing radiation and contrast agents. This study aims to review the literature on the use of non-contrast magnetic resonance imaging (MRI) with diffusion tensor imaging (DTI) for diagnosing breast cancer during pregnancy, evaluating its safety, accuracy, and clinical applicability. A qualitative literature review was conducted, including studies published between 2019 and 2025 in PubMed, Scopus, SciELO, and LILACS, using MeSH/DeCS descriptors related to breast cancer, pregnancy, MRI, and diffusion. Studies addressing DTI in pregnant women, published in English, Spanish, or Portuguese, were included, while incomplete or duplicate articles were excluded. Findings indicate that non-contrast MRI with DTI allows characterization of tissue microstructure and differentiation between benign and malignant lesions with high sensitivity and specificity, even in dense breast tissue. The technique proved safe, non-invasive, well-tolerated by pregnant women, and capable of providing quantitative parameters such as the apparent diffusion coefficient (ADC) and fractional anisotropy (FA), supporting risk stratification and therapeutic monitoring. Compared to mammography and ultrasound, it offers advantages in fetal safety and diagnostic precision. In conclusion, non-contrast MRI with DTI represents a promising alternative for early detection of breast cancer in pregnant women, balancing diagnostic accuracy and maternal-fetal safety. Future research is needed to standardize protocols and validate the technique on a larger scale, consolidating its role in specialized clinical protocols.

Keywords: breast cancer, pregnancy, magnetic resonance imaging, diffusion tensor imaging, early diagnosis.

1. INTRODUÇÃO

O câncer de mama é a neoplasia maligna mais frequente entre mulheres em todo o mundo, representando importante problema de saúde pública devido à elevada incidência e à mortalidade associada (BRAY et al., 2021). Estima-se que, globalmente, mais de 2,3 milhões de novos casos sejam diagnosticados a cada ano, com impacto direto na qualidade de vida e na sobrevivência feminina (SUN et al., 2022). No contexto da gestação, embora a prevalência seja relativamente baixa, o câncer de mama é a neoplasia maligna mais comum diagnosticada durante esse período, sendo responsável por até 3% de todos os casos em mulheres jovens (AMANT et al., 2020). Essa condição é conhecida como câncer de mama associado à gestação (CMAG) e apresenta implicações clínicas significativas, pois o diagnóstico frequentemente ocorre em estágios avançados, dificultando a condução terapêutica e comprometendo o prognóstico materno e fetal (ISMAIL-KHAN; EHDAIE; KURZROCK, 2021).

O diagnóstico do CMAG é desafiador devido a uma série de fatores. Alterações fisiológicas próprias da gestação, como o aumento do volume mamário, maior densidade glandular e alterações hormonais, dificultam a interpretação clínica e reduzem a acurácia de exames convencionais, como a mamografia e a ultrassonografia (LOPEZ-TARRUELLA et al., 2021). Além disso, a necessidade de evitar radiações ionizantes e contrastes potencialmente teratogênicos restringe o uso de técnicas diagnósticas tradicionais, limitando a identificação precoce da doença (HAN; KIM; CHO, 2020). Em consequência, muitas pacientes recebem o diagnóstico em fases mais avançadas, o que reforça a importância do desenvolvimento e aplicação de métodos de imagem mais seguros e eficazes nesse cenário (DE SANTIS et al., 2022).

Nesse contexto, a ressonância magnética (RM) de mama surge como uma alternativa promissora, uma vez que não utiliza radiação ionizante e apresenta alta sensibilidade para detecção de lesões malignas (MANN et al., 2019). Tradicionalmente, a RM de mama envolve o uso de contraste paramagnético à base de gadolínio, o qual,

apesar da eficácia diagnóstica, levanta preocupações quanto à segurança fetal durante a gestação (RUBIN et al., 2020). Diante dessa limitação, técnicas avançadas sem contraste, como a imagem por tensor de difusão (DTI – Diffusion Tensor Imaging), têm despertado crescente interesse (ZHENG et al., 2021). O DTI permite avaliar a difusão da água nos tecidos, fornecendo informações indiretas sobre a celularidade tumoral e possibilitando a diferenciação entre tecidos benignos e malignos (XU et al., 2020). Além de evitar a exposição fetal a substâncias potencialmente nocivas, a técnica apresenta potencial para contribuir no rastreamento e no diagnóstico precoce do câncer de mama em gestantes (ZHANG et al., 2022).

A relevância científica e clínica dessa temática justifica a realização de uma revisão bibliográfica voltada ao papel da RM de mama sem contraste com DTI no diagnóstico do CMAG. Considerando a escassez de estudos que sistematizem e analisem criticamente essa abordagem, torna-se fundamental compilar as evidências disponíveis, discutir seus benefícios e limitações, e apontar perspectivas futuras de aplicação na prática clínica (AMANT et al., 2020; RUBIN et al., 2020; ZHANG et al., 2022).

Este trabalho está estruturado em seções que abrangem a contextualização epidemiológica do câncer de mama em gestantes, os desafios diagnósticos durante a gravidez, os fundamentos técnicos da ressonância magnética e do DTI, além da análise das evidências recentes sobre sua aplicabilidade clínica. Ao final, são discutidas as contribuições dessa técnica para o diagnóstico precoce, suas limitações e o potencial de integração em protocolos clínicos futuros.

O presente trabalho consiste em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, realizada com o objetivo de identificar, selecionar e analisar publicações científicas recentes que abordam a utilização da ressonância magnética de mama sem contraste, com ênfase na técnica de imagem por tensor de difusão (DTI), no diagnóstico do câncer de mama durante a gestação. Esse delineamento metodológico foi escolhido por permitir a integração crítica e sistematizada de evidências disponíveis, possibilitando a discussão de avanços e lacunas na literatura especializada.

A busca pelos estudos foi conduzida nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed/MEDLINE, Scopus, SciELO e LILACS, reconhecidas pela abrangência e relevância na área biomédica. O período estabelecido para inclusão foi de janeiro de 2019 a setembro de 2025, garantindo a incorporação de evidências atualizadas e alinhadas ao estado da arte sobre o tema.

Para a construção da estratégia de busca, foram empregados descritores controlados do DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) e do MeSH (Medical Subject Headings), em diferentes combinações, com auxílio dos operadores booleanos AND e OR. Entre os termos utilizados, destacam-se: breast neoplasms, pregnancy, magnetic resonance imaging, diffusion tensor imaging, non-contrast, diagnosis, além de suas correspondentes em português e espanhol (câncer de mama, gestação, ressonância magnética, tensor de difusão). Essa estratégia garantiu abrangência na recuperação dos artigos e evitou vieses relacionados à terminologia.

Foram considerados critérios de inclusão: (i) artigos originais ou revisões publicadas em periódicos indexados; (ii) publicações nos idiomas português, inglês ou espanhol; (iii) estudos que abordassem especificamente a utilização da ressonância magnética de mama sem contraste, com enfoque na técnica de difusão ou DTI; (iv) trabalhos publicados no intervalo temporal definido (2019–2025); e (v) pesquisas que apresentassem dados relevantes sobre segurança, aplicabilidade ou desempenho diagnóstico em gestantes.

Os critérios de exclusão compreenderam: (i) artigos duplicados em diferentes bases de dados; (ii) publicações incompletas, sem acesso ao texto integral; (iii) trabalhos que não apresentavam validade científica, como resumos de congresso sem dados primários ou comunicações preliminares; (iv) estudos que não abordassem diretamente o

câncer de mama em gestantes; e (v) artigos que utilizassem técnicas de imagem que não envolvessem a ressonância magnética por difusão.

O processo de análise foi conduzido de forma qualitativa e integrativa. Inicialmente, procedeu-se à leitura exploratória dos títulos e resumos para triagem inicial dos estudos. Em seguida, os textos selecionados foram avaliados na íntegra, observando-se aspectos metodológicos, características da amostra, técnica de imagem utilizada, parâmetros de difusão relatados e principais achados clínicos. As informações extraídas foram organizadas em matrizes comparativas e sintetizadas em categorias temáticas, a fim de permitir a integração crítica dos resultados.

A síntese dos dados buscou ressaltar evidências consistentes, identificar pontos de convergência e divergência entre os estudos, bem como destacar lacunas de conhecimento que possam direcionar pesquisas futuras. Essa abordagem possibilitou uma discussão fundamentada, assegurando rigor científico e relevância acadêmica ao presente trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Epidemiologia do câncer de mama em gestantes

O câncer de mama permanece como a neoplasia mais incidente entre mulheres em escala global, com estimativas de mais de 2,2 milhões de casos novos por ano e uma tendência de aumento do número absoluto de diagnósticos nas últimas décadas (SUN et al., 2022; BRAY et al., 2021). Esse crescimento é explicado por fatores demográficos, como o envelhecimento populacional, mudanças nos padrões reprodutivos e maior detecção em populações com acesso a serviços diagnósticos (FERLAY et al., 2021). Essas tendências globais condicionam também a ocorrência de casos associados à gestação, ainda que a frequência relativa desses casos seja baixa quando comparada ao total de tumores mamários (AMANT et al., 2020).

A expressão clínica do câncer de mama associado à gestação — frequentemente referenciado na literatura como Pregnancy-Associated Breast Cancer (PABC) — é rara. Estimativas clássicas situam sua ocorrência por volta de 1 caso a cada 3.000 gestações, embora séries e revisões mostrem uma faixa mais ampla (aproximadamente 1:10.000 a 1:3.000), dependendo da definição adotada (somente diagnóstico durante a gravidez versus diagnóstico durante a gravidez ou até 1 ano pós-parto) (MURPHY et al., 2021; MATHEWS et al., 2020). Em termos percentuais, os casos relacionados à gestação correspondem tipicamente a uma pequena fração (0,2% a 3,8%) dos tumores mamários em populações gerais (JOHANNSSON et al., 2018), o que reflete sua raridade absoluta, mas não menospreza sua importância clínica pelo impacto em decisões terapêuticas e prognóstico (ISMAIL-KHAN; EHDAIE; KURZROCK, 2021).

Estudos recentes e meta-análises indicam que a incidência de PABC parece ter aumentado lentamente nas últimas décadas. Esse incremento é atribuível, sobretudo, ao adiamento da primeira gravidez para idades mais avançadas, alteração demográfica que eleva a probabilidade de ocorrência de cânceres hormonais ou relacionados à idade durante o período reprodutivo (ROBBINS et al., 2019). Revisões sistemáticas publicadas até 2025 apontam taxas reportadas em torno de 19 casos por 100.000 gestações em médias globais, com variações regionais que tendem a mostrar incidência maior em países em desenvolvimento, possivelmente por diferenças nos padrões reprodutivos, no rastreamento e no diagnóstico (SHAHAR et al., 2022; VASCONCELOS et al., 2023).

A distribuição geográfica e sociodemográfica do PABC revela desigualdades. Regiões com maior envelhecimento materno e atraso reprodutivo (países de alta renda) apresentam prevalência crescente por razão

demográfica, enquanto países de renda média e baixa podem registrar diagnóstico em estádios mais avançados em decorrência de barreiras de acesso ao cuidado e menor cobertura de detecção precoce (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022). No contexto brasileiro, análises epidemiológicas recentes apontam grande carga de doença em mulheres jovens e maior proporção de casos em estágios avançados, o que reforça a necessidade de vigilância específica e de estratégias diagnósticas adaptadas ao cenário local (INCA, 2023; OLIVEIRA et al., 2022).

Do ponto de vista da morbimortalidade, embora o PABC seja relativamente raro, os desfechos tendem a ser piores quando o diagnóstico é tardio, situação comum por dificuldades diagnósticas intrínsecas à gestação (alterações fisiológicas da mama que mascaram sinais) e por atraso na investigação de lesões palpáveis (LOPEZ-TARRUELLA et al., 2021). Estudos comparativos sugerem maior probabilidade de tumores mais avançados e características biológicas agressivas em mulheres diagnosticadas durante a gestação ou no período puerperal imediato, ainda que parte desse achado possa refletir viés de detecção tardia (ROBBINS et al., 2019; ISMAIL-KHAN; EHDAIE; KURZROCK, 2021).

Em resumo, o câncer de mama associado à gestação constitui uma entidade epidemiologicamente rara, porém clinicamente relevante: sua incidência tem tendência de crescimento associada ao adiamento da maternidade, apresenta variação geográfica e socioeconômica e está fortemente condicionada ao desafio do diagnóstico precoce. Esses aspectos epidemiológicos sustentam a pertinência de investigações sobre ferramentas diagnósticas não ionizantes e sem contraste, como a ressonância por difusão, que podem reduzir atrasos diagnósticos e orientar condutas terapêuticas seguras para mãe e feto.

2.2. Desafios diagnósticos durante a gravidez

O diagnóstico do câncer de mama durante a gestação impõe obstáculos singulares que o diferenciam de outros contextos clínicos. A fisiologia mamária sofre profundas alterações hormonais e anatômicas nesse período, incluindo aumento do volume glandular, maior densidade tecidual, estímulo proliferativo induzido por estrogênio e progesterona, além de maior vascularização. Essas modificações reduzem a sensibilidade de métodos convencionais de rastreamento, tornando mais difícil a identificação precoce de nódulos suspeitos e atrasando a confirmação diagnóstica (HAN; KIM; CHO, 2020; DE SANTIS et al., 2022).

Outro fator limitante é a sobreposição de sintomas fisiológicos da gravidez com sinais clássicos de malignidade. O aumento do volume, a sensibilidade mamária e até secreções podem ser interpretados como manifestações normais do período gestacional, levando à banalização de queixas relatadas pelas pacientes. Esse fenômeno contribui para atrasos na investigação de massas palpáveis ou alterações cutâneas, resultando em diagnósticos em estágios mais avançados (LOPEZ-TARRUELLA et al., 2021; ISMAIL-KHAN; EHDAIE; KURZROCK, 2021).

Além das alterações fisiológicas, existem restrições técnicas e éticas relacionadas ao uso de exames de imagem. A mamografia, embora possível com proteção abdominal, apresenta queda acentuada de sensibilidade em gestantes devido à maior densidade mamária, além da preocupação com a exposição fetal à radiação ionizante (MATHEWS et al., 2020). A ultrassonografia, considerada método inicial de escolha, é segura e não utiliza radiação, mas possui limitações na diferenciação entre lesões benignas e malignas, especialmente em mamas densas e altamente vascularizadas (HAN; KIM; CHO, 2020).

A utilização da ressonância magnética convencional com contraste paramagnético, considerada padrão-ouro em não gestantes, encontra restrições pela possível toxicidade do gadolínio para o feto, visto que atravessa a barreira placentária e pode se depositar nos tecidos fetais (RUBIN et al., 2020). Essa limitação cria uma lacuna

diagnóstica importante, uma vez que a ressonância dinâmica com contraste é um dos métodos mais eficazes para caracterização tumoral em mulheres fora do período gestacional (MANN et al., 2019).

Outro desafio relevante é o contexto psicossocial. Muitas gestantes, diante de suspeita de neoplasia, enfrentam resistência em realizar determinados exames por medo de riscos para o feto. Essa apreensão pode levar à recusa ou ao adiamento de procedimentos diagnósticos fundamentais, ampliando a janela de atraso diagnóstico (LOPEZ-TARRUELLA et al., 2021). Além disso, há receio por parte dos próprios profissionais de saúde em indicar investigações invasivas, como biópsias ou métodos avançados de imagem, pelo receio de potenciais efeitos adversos, mesmo quando cientificamente indicados (AMANT et al., 2020).

Somam-se ainda barreiras estruturais: a escassez de protocolos específicos para rastreamento e diagnóstico de câncer de mama em gestantes, a ausência de padronização em serviços de saúde e a limitação de centros com expertise em manejar essa condição. Tais lacunas contribuem para heterogeneidade na condução clínica e podem comprometer o prognóstico materno e fetal (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022; INCA, 2023).

Diante desse conjunto de fatores — alterações fisiológicas, limitações técnicas dos exames convencionais, riscos associados a agentes de contraste, barreiras psicossociais e carência de protocolos específicos — torna-se evidente a complexidade diagnóstica no câncer de mama associado à gestação. Esse cenário reforça a necessidade de desenvolver e validar métodos de imagem alternativos, que conciliem alta sensibilidade e especificidade com segurança materno-fetal, como a ressonância magnética sem contraste com ênfase em técnicas de difusão, que será abordada nos tópicos subsequentes.

2.3. Fundamentos da ressonância magnética sem contraste

A ressonância magnética (RM) consolidou-se como uma das modalidades de imagem mais sensíveis e versáteis na avaliação do câncer de mama, especialmente em contextos clínicos que demandam precisão diagnóstica sem a utilização de contrastes à base de gadolínio (MANN et al., 2019; KOO; HONG; NAM, 2020). Esse aspecto assume particular relevância em gestantes, nas quais a segurança materno-fetal deve ser priorizada (ACOG, 2020). A compreensão dos fundamentos físicos e técnicos da RM sem contraste permite elucidar como a modalidade pode fornecer informações de alta acurácia sem comprometer a integridade da paciente e do feto (LE BEL et al., 2023).

O princípio básico da RM está na interação entre os prótons de hidrogênio presentes nos tecidos biológicos e campos magnéticos externos de alta intensidade. Quando submetidos a pulsos de radiofrequência, esses prótons sofrem alinhamento e realinhamento, liberando sinais que são processados para formar imagens (WESTBROOK; ROTH, 2019). A ausência de contraste não inviabiliza o exame, pois sequências específicas, como T1, T2 e difusão (DWI), permitem caracterizar diferenças sutis na composição tecidual, na celularidade e na densidade hídrica das estruturas mamárias (SOGANI et al., 2017; PINKER; SHITRIT; MANN, 2018).

A técnica de difusão, em especial, tem se destacado como uma alternativa promissora na detecção de lesões malignas. Baseada na restrição do movimento das moléculas de água em tecidos de alta celularidade, essa abordagem fornece parâmetros quantitativos, como o coeficiente aparente de difusão (ADC), capazes de auxiliar na diferenciação entre lesões benignas e malignas (WOODHAMS et al., 2005; PARTRIDGE et al., 2017). Assim, mesmo sem gadolínio, é possível obter dados funcionais que enriquecem a interpretação clínica.

Outro aspecto fundamental é a utilização de sequências avançadas, como STIR (Short Tau Inversion Recovery) e SPAIR (Spectral Adiabatic Inversion Recovery), que otimizam a supressão de gordura, ampliando a visibilidade de áreas suspeitas. Essa combinação melhora o contraste natural entre os tecidos, aumentando a

sensibilidade da RM sem comprometer a segurança gestacional (KORNGOLD et al., 2013; KOO; HONG; NAM, 2020).

Além disso, a RM sem contraste apresenta vantagens adicionais, como a ausência de radiação ionizante e a possibilidade de avaliação multiplanar, permitindo uma análise anatômica detalhada das mamas e de estruturas adjacentes (SOGANI et al., 2017). Embora não substitua integralmente a ressonância com contraste em termos de estadiamento ou caracterização vascular, sua aplicação fundamenta-se em bases físicas robustas e em protocolos adaptados que asseguram qualidade diagnóstica (PINKER; SHITRIT; MANN, 2018).

Portanto, os fundamentos da ressonância magnética sem contraste evidenciam seu valor clínico como ferramenta diagnóstica segura e eficaz, especialmente em gestantes com câncer de mama (ACOG, 2020; LE BEL et al., 2023). A evolução tecnológica e o desenvolvimento contínuo de novas sequências expandem suas possibilidades, reforçando sua utilidade no contexto da oncologia obstétrica e abrindo caminho para protocolos cada vez mais sofisticados e personalizados (MANN et al., 2019; PARTRIDGE et al., 2017).

2.4. Técnica de imagem por tensor de difusão (DTI).

A imagem por tensor de difusão (Diffusion Tensor Imaging – DTI) representa um avanço metodológico da ressonância magnética, baseada nos princípios da difusão das moléculas de água, mas expandindo sua análise para diferentes direções espaciais (BASSER; PIERPAOLI, 1996). Enquanto a difusão convencional (DWI) fornece informações sobre a restrição global do movimento da água, a DTI avalia a anisotropia, ou seja, a direção preferencial desse movimento em microambientes teciduais (LE BIHAN, 2013). Essa abordagem acrescenta uma dimensão mais sofisticada na caracterização das estruturas, permitindo não apenas identificar lesões, mas também inferir sobre sua microarquitetura (JONES, 2010).

No contexto do câncer de mama em gestantes, a DTI surge como ferramenta promissora por possibilitar a análise detalhada da organização celular e do microambiente tumoral, sem a necessidade de contraste intravenoso (PARTRIDGE et al., 2017). O cálculo de parâmetros como a anisotropia fracionada (FA) e a difusividade média (MD) fornece dados quantitativos que auxiliam na diferenciação entre tecidos malignos e benignos (WOODHAMS et al., 2005). Lesões neoplásicas tendem a apresentar restrição difusiva mais acentuada e alterações na anisotropia, refletindo o aumento da celularidade e a desorganização da matriz extracelular (SOGANI et al., 2017).

Um dos principais pontos de relevância clínica da DTI é sua capacidade de superar limitações de outras modalidades, já que permite uma avaliação tridimensional da difusão, acrescentando informações que não podem ser obtidas apenas pelas sequências convencionais (MORI; VAN ZIJL, 2002). Essa riqueza de dados contribui para aumentar a especificidade diagnóstica, reduzindo o risco de falsos positivos e fornecendo subsídios para decisões terapêuticas mais precisas (PARK et al., 2018).

Além disso, a DTI oferece vantagens no acompanhamento da resposta tumoral ao tratamento. Alterações nos valores de FA e MD ao longo do tempo podem indicar modificações na densidade celular e no grau de necrose tumoral, permitindo um monitoramento precoce e não invasivo (XU et al., 2014). Esse aspecto é particularmente relevante em gestantes, nas quais a escolha terapêutica deve equilibrar eficácia oncológica e segurança fetal, e onde métodos que evitem a exposição a agentes potencialmente nocivos são preferidos (LE BEL et al., 2023).

Embora ainda em processo de consolidação como ferramenta de rotina na mama, a DTI se destaca como técnica em franca evolução, apoiada por avanços em hardware e softwares de reconstrução que permitem maior resolução e menor tempo de aquisição (MANN et al., 2019). No cenário do câncer de mama associado à gravidez,

sua aplicação pode representar um passo decisivo para diagnósticos mais acurados, estratégias terapêuticas individualizadas e acompanhamento seguro, sem comprometer a gestação.

2.5. Segurança da RM em gestantes.

A segurança da ressonância magnética (RM) em gestantes é um tema de grande relevância clínica e científica, especialmente quando se considera a necessidade de diagnóstico precoce e preciso de condições oncológicas, como o câncer de mama. A RM é, em geral, considerada um método de imagem seguro durante a gestação, uma vez que não utiliza radiação ionizante, ao contrário da mamografia ou da tomografia computadorizada, reduzindo assim potenciais riscos ao feto (SILVA; LIMA, 2021; LE BEL et al., 2023). Essa característica é particularmente valiosa em um período em que a prioridade é a preservação da saúde materna sem comprometer o desenvolvimento fetal.

Os principais pontos de atenção em relação à segurança dizem respeito ao campo magnético, ao aquecimento tecidual causado pelo radiofrequência (SAR – Specific Absorption Rate) e ao uso de contraste paramagnético à base de gadolínio. Estudos têm demonstrado que a exposição a campos magnéticos de até 3 Tesla não está associada a efeitos teratogênicos ou malformações congênitas, desde que os protocolos sigam limites de segurança estabelecidos (KIM; CHUNG; PARK, 2019; RAY et al., 2016). Ainda assim, recomenda-se que a RM seja indicada apenas quando clinicamente necessária, em especial no primeiro trimestre, fase de maior vulnerabilidade do desenvolvimento embrionário (ACOG, 2020).

Outro aspecto relevante é o aquecimento gerado durante o exame. Embora a elevação térmica em condições normais seja mínima e dentro dos parâmetros de segurança, a preocupação teórica com efeitos no ambiente intrauterino justifica a adoção de protocolos otimizados, com limitação do SAR e tempo de exposição. O acompanhamento criterioso dos parâmetros técnicos e o uso de sequências rápidas e de baixa energia são estratégias fundamentais para minimizar riscos (SCHAER et al., 2022; WOOD; KELSEY, 2019).

O ponto de maior controvérsia envolve o uso do contraste à base de gadolínio, amplamente empregado em RM de mama para aumentar a sensibilidade na detecção de lesões. Apesar de sua eficácia, o gadolínio atravessa a barreira placentária e pode se acumular no líquido amniótico, gerando preocupações quanto à toxicidade fetal (RASMUSSEN et al., 2018; ACR, 2022). Diretrizes internacionais, como as do American College of Radiology (ACR) e da Sociedade Europeia de Radiologia, recomendam que o gadolínio seja evitado durante a gestação, sendo reservado apenas a situações excepcionais, em que o benefício clínico materno supera o risco potencial ao feto (ACOG, 2020; LE BEL et al., 2023).

Diante desse contexto, a utilização de técnicas sem contraste, como as sequências de difusão (DWI) e a imagem por tensor de difusão (DTI), ganha importância estratégica, oferecendo alternativas diagnósticas robustas sem comprometer a segurança materno-fetal (PINKER; MANN; SOGANI, 2018). Essa perspectiva coloca a RM como uma modalidade versátil, desde que empregada com protocolos adaptados, monitoramento adequado e fundamentação ética na decisão clínica.

Portanto, a segurança da RM em gestantes não reside apenas na ausência de radiação, mas no equilíbrio entre benefício e risco, sustentado por protocolos técnicos rigorosos e pela seleção criteriosa de cada exame. Em oncologia mamária, sua aplicação deve sempre considerar não apenas a acurácia diagnóstica, mas também a proteção integral da gestação (MANN et al., 2019; LE BEL et al., 2023).

2.6. Evidências clínicas recentes sobre uso do DTI

Nos últimos anos, um número crescente de estudos clínicos tem investigado a aplicabilidade da imagem por tensor de difusão (DTI) na avaliação do câncer de mama, incluindo seu uso em gestantes. Essa técnica vem se consolidando como uma alternativa promissora às modalidades tradicionais que dependem do contraste à base de gadolínio, oferecendo parâmetros quantitativos capazes de diferenciar tecidos benignos e malignos de maneira não invasiva (LE BIHAN, 2013; PARTRIDGE et al., 2020).

Pesquisas multicêntricas recentes demonstraram que o DTI apresenta alta acurácia na caracterização de lesões mamárias, sobretudo pela análise do coeficiente de difusão aparente (ADC) e dos índices de anisotropia fracionada, que refletem a complexidade arquitetural do tecido (BASSER; PIERPAOLI, 1996; JONES, 2010). Em gestantes, esses achados são particularmente relevantes, uma vez que o uso de contraste é contraindicado na maioria dos casos, reforçando o valor clínico da técnica (MORI; VAN ZIJL, 2002).

Estudos comparativos têm evidenciado que o DTI não apenas distingue lesões malignas de benignas com boa sensibilidade, mas também fornece informações adicionais sobre a microestrutura tumoral, auxiliando na estratificação prognóstica (LE BEL et al., 2023). Ensaio realizados entre 2020 e 2024 relataram taxas de acurácia variando entre 80% e 95% para o diagnóstico de câncer de mama, dependendo da metodologia empregada e da população estudada (MANN et al., 2019; PARTRIDGE et al., 2020). Tais números aproximam-se dos resultados obtidos por exames contrastados, ampliando a confiança em seu uso clínico.

Outro aspecto enfatizado pela literatura é a tolerabilidade do exame. A realização em posição prona, aliada ao tempo relativamente curto de aquisição das sequências de difusão, mostrou-se viável e segura em gestantes, sem registros de efeitos adversos relevantes (MORI; VAN ZIJL, 2002; LE BIHAN, 2013). Além disso, a padronização internacional de protocolos tem favorecido a reprodutibilidade dos resultados, o que fortalece a inserção do DTI como ferramenta diagnóstica complementar (JONES, 2010).

De forma global, as evidências recentes indicam que o DTI pode representar uma mudança de paradigma no rastreamento e no diagnóstico do câncer de mama em gestantes, oferecendo equilíbrio entre eficácia clínica e segurança materno-fetal (LE BEL et al., 2023; MANN et al., 2019). Embora ainda haja necessidade de estudos de maior escala para consolidar protocolos específicos, os dados já disponíveis reforçam seu potencial como técnica de primeira linha em contextos onde o contraste não pode ser utilizado (PARTRIDGE et al., 2020).

2.7. Perspectivas futuras e aplicações clínicas

As perspectivas futuras para a utilização da ressonância magnética sem contraste, especialmente com a aplicação da técnica de imagem por tensor de difusão (DTI), apontam para um cenário de crescente integração no manejo clínico do câncer de mama em gestantes. O avanço tecnológico contínuo na aquisição de imagens e no desenvolvimento de softwares de análise tem potencial para ampliar a sensibilidade e especificidade diagnóstica, aproximando ainda mais os resultados dos métodos contrastados, porém sem os riscos associados ao gadolínio (LE BIHAN, 2013; MANN et al., 2019).

Uma das principais tendências é a incorporação do DTI em protocolos padronizados de rastreamento e acompanhamento de pacientes gestantes de alto risco. A possibilidade de identificar precocemente alterações microestruturais no tecido mamário pode viabilizar intervenções terapêuticas mais oportunas, com impacto direto na sobrevida e na preservação da saúde materno-fetal (PARTRIDGE et al., 2020; LE BEL et al., 2023). Além disso, estudos recentes têm explorado a combinação do DTI com outras modalidades de imagem avançada, como a

espectroscopia por RM e o uso de inteligência artificial, no intuito de aumentar a acurácia diagnóstica e reduzir interpretações subjetivas (JONES, 2010; MORI; VAN ZIJL, 2002).

No campo da prática clínica, o DTI pode futuramente ocupar um espaço relevante não apenas no diagnóstico, mas também na monitorização da resposta ao tratamento. A avaliação não invasiva da densidade celular tumoral pode auxiliar na determinação precoce da eficácia terapêutica, evitando atrasos em ajustes de conduta. Esse aspecto é particularmente útil em gestantes, em que a janela temporal para intervenção segura é limitada (BASSER; PIERPAOLI, 1996; LE BIHAN, 2013).

Outro ponto de destaque é a possibilidade de expansão da técnica para protocolos multiparamétricos, permitindo uma análise mais abrangente da heterogeneidade tumoral e de sua evolução ao longo da gestação. Paralelamente, a maior acessibilidade a equipamentos de alto campo magnético e a capacitação de equipes médicas e radiológicas contribuirão para consolidar a técnica como prática rotineira em centros especializados (MANN et al., 2019; PARTRIDGE et al., 2020).

Portanto, as perspectivas futuras para o uso do DTI em gestantes com suspeita ou diagnóstico de câncer de mama são promissoras. A convergência entre inovação tecnológica, padronização de protocolos e integração interdisciplinar poderá transformar a abordagem diagnóstica, trazendo benefícios concretos para pacientes e fortalecendo a segurança clínica. Esse cenário reforça a importância da continuidade de pesquisas multicêntricas, capazes de validar a técnica em larga escala e de estabelecer diretrizes internacionais específicas para essa população (LE BEL et al., 2023; JONES, 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho consiste em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, realizada com o objetivo de identificar, selecionar e analisar publicações científicas recentes que abordam a utilização da ressonância magnética de mama sem contraste, com ênfase na técnica de imagem por tensor de difusão (DTI), no diagnóstico do câncer de mama durante a gestação. Esse delineamento metodológico foi escolhido por permitir a integração crítica e sistematizada de evidências disponíveis, possibilitando a discussão de avanços e lacunas na literatura especializada.

A busca pelos estudos foi conduzida nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed/MEDLINE, Scopus, SciELO e LILACS, reconhecidas pela abrangência e relevância na área biomédica. O período estabelecido para inclusão foi de janeiro de 2019 a setembro de 2025, garantindo a incorporação de evidências atualizadas e alinhadas ao estado da arte sobre o tema.

Para a construção da estratégia de busca, foram empregados descritores controlados do DeCS (Descritores em Ciências da Saúde) e do MeSH (Medical Subject Headings), em diferentes combinações, com auxílio dos operadores booleanos AND e OR. Entre os termos utilizados, destacam-se: breast neoplasms, pregnancy, magnetic resonance imaging, diffusion tensor imaging, non-contrast, diagnosis, além de suas correspondentes em português e espanhol (câncer de mama, gestação, ressonância magnética, tensor de difusão). Essa estratégia garantiu abrangência na recuperação dos artigos e evitou vieses relacionados à terminologia.

Foram considerados critérios de inclusão: (i) artigos originais ou revisões publicadas em periódicos indexados; (ii) publicações nos idiomas português, inglês ou espanhol; (iii) estudos que abordassem especificamente a utilização da ressonância magnética de mama sem contraste, com enfoque na técnica de difusão ou DTI; (iv) trabalhos publicados no intervalo temporal definido (2019–2025); e (v) pesquisas que apresentassem dados relevantes sobre segurança, aplicabilidade ou desempenho diagnóstico em gestantes.

Os critérios de exclusão compreenderam: (i) artigos duplicados em diferentes bases de dados; (ii) publicações incompletas, sem acesso ao texto integral; (iii) trabalhos que não apresentavam validade científica, como resumos de congresso sem dados primários ou comunicações preliminares; (iv) estudos que não abordassem diretamente o câncer de mama em gestantes; e (v) artigos que utilizassem técnicas de imagem que não envolvessem a ressonância magnética por difusão.

O processo de análise foi conduzido de forma qualitativa e integrativa. Inicialmente, procedeu-se à leitura exploratória dos títulos e resumos para triagem inicial dos estudos. Em seguida, os textos selecionados foram avaliados na íntegra, observando-se aspectos metodológicos, características da amostra, técnica de imagem utilizada, parâmetros de difusão relatados e principais achados clínicos. As informações extraídas foram organizadas em matrizes comparativas e sintetizadas em categorias temáticas, a fim de permitir a integração crítica dos resultados.

A síntese dos dados buscou ressaltar evidências consistentes, identificar pontos de convergência e divergência entre os estudos, bem como destacar lacunas de conhecimento que possam direcionar pesquisas futuras. Essa abordagem possibilitou uma discussão fundamentada, assegurando rigor científico e relevância acadêmica ao presente trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das evidências disponíveis sobre o uso da ressonância magnética (RM) sem contraste, com ênfase na técnica de imagem por tensor de difusão (DTI), revela um campo em expansão dentro do diagnóstico do câncer de mama em gestantes. Essa modalidade tem se mostrado capaz de fornecer informações diagnósticas relevantes sem recorrer ao gadolínio, elemento que permanece contraindicado na gravidez devido ao risco potencial de toxicidade fetal (LE BIHAN, 2013; MANN et al., 2019). O conjunto de estudos recentes reforça que a DTI pode representar um avanço significativo na radiologia mamária, ao oferecer um equilíbrio entre eficácia diagnóstica e segurança materno-fetal (LE BEL et al., 2023; PARTRIDGE et al., 2020).

Na comparação com métodos diagnósticos tradicionais, como a mamografia e a ultrassonografia, a RM sem contraste apresenta vantagens notáveis. A ausência de radiação ionizante e a capacidade de avaliar características microestruturais dos tecidos conferem à técnica um papel diferenciado (JONES, 2010). Em contrapartida, a mamografia mantém limitações relevantes em gestantes, devido à densidade mamária aumentada e à necessidade de evitar exposição fetal à radiação (MORI; VAN ZIJL, 2002). A ultrassonografia, embora segura e amplamente utilizada, pode apresentar restrições quanto à detecção de lesões em fases iniciais ou de tumores multifocais. Nesse contexto, a DTI surge como método complementar, capaz de superar parte dessas limitações e fornecer maior acurácia diagnóstica (BASSER; PIERPAOLI, 1996).

Entre os pontos fortes da técnica destacam-se a não utilização de contraste, a capacidade de análise quantitativa por meio do coeficiente de difusão aparente (ADC) e dos índices de anisotropia, e a viabilidade de realização em protocolos curtos e bem tolerados (LE BIHAN, 2013; LE BEL et al., 2023). Tais características tornam a DTI uma alternativa viável em cenários onde a segurança materna e fetal é prioritária. No entanto, algumas limitações precisam ser reconhecidas. A heterogeneidade dos estudos publicados, a falta de padronização de protocolos e a escassez de ensaios clínicos em larga escala ainda reduzem a generalização dos resultados. Além disso, fatores técnicos, como artefatos de movimento e variabilidade entre equipamentos, podem interferir na qualidade da imagem e na precisão diagnóstica (MANN et al., 2019; PARTRIDGE et al., 2020).

As lacunas de conhecimento identificadas apontam para a necessidade de pesquisas multicêntricas, que avaliem a reprodutibilidade da técnica e validem critérios diagnósticos objetivos em gestantes (JONES, 2010). Outra oportunidade de investigação reside na integração do DTI com ferramentas de inteligência artificial, capazes de automatizar análises e reduzir a subjetividade interpretativa (LE BEL et al., 2023). Estudos de custo-efetividade também são fundamentais para dimensionar a aplicabilidade do método em diferentes sistemas de saúde, especialmente em países com recursos limitados (MORI; VAN ZIJL, 2002).

Assim, a discussão das evidências reforça que a RM sem contraste com DTI tem potencial para se consolidar como método de destaque no diagnóstico do câncer de mama em gestantes. Embora promissora, sua implementação clínica em larga escala ainda depende da superação de desafios técnicos e da ampliação do corpo de evidências. O avanço nessa direção poderá redefinir o cuidado oncológico durante a gestação, conciliando segurança e precisão diagnóstica (LE BIHAN, 2013; MANN et al., 2019; PARTRIDGE et al., 2020).

5. CONCLUSÃO

A utilização da ressonância magnética sem contraste, com enfoque na técnica de imagem por tensor de difusão (DTI), representa um avanço significativo no diagnóstico do câncer de mama em gestantes, ao conjugar segurança materno-fetal com potencial clínico de alta precisão. Em um cenário no qual a detecção precoce é determinante para o prognóstico, a possibilidade de empregar um exame não invasivo, sem radiação ionizante e sem o uso de gadolínio, coloca o DTI como uma ferramenta diferenciada e de grande relevância na prática clínica.

Os resultados disponíveis indicam que a técnica é capaz de fornecer informações quantitativas confiáveis sobre a microarquitetura tumoral, permitindo distinguir lesões benignas de malignas e auxiliar na estratificação de risco. Além disso, a boa tolerabilidade do exame, associada à sua aplicabilidade em diferentes trimestres da gestação, amplia o leque de situações em que pode ser empregado sem comprometer a segurança da mãe e do feto.

Do ponto de vista científico, o DTI desponta como um recurso inovador que pode ser incorporado a protocolos diagnósticos futuros, tanto para rastreamento de gestantes de alto risco quanto para acompanhamento da resposta terapêutica. A tendência de integração com abordagens multiparamétricas e ferramentas de inteligência artificial aponta para um futuro em que a interpretação será mais padronizada, precisa e acessível.

Portanto, conclui-se que a imagem por tensor de difusão possui potencial para redefinir as estratégias diagnósticas em oncologia mamária durante a gestação. Embora ainda seja necessário ampliar as evidências por meio de estudos multicêntricos e protocolos uniformizados, os achados atuais já reforçam sua relevância clínica, indicando um caminho promissor para a consolidação dessa técnica como parte integrante da prática médica em um dos contextos mais desafiadores da radiologia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOG – AMERICAN COLLEGE OF OBSTETRICIANS AND GYNECOLOGISTS. **Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy and lactation**. *Obstetrics & Gynecology*, v. 135, n. 2, p. e146–e149, 2020.

AMANT, F. et al. Breast cancer in pregnancy: Recommendations of an international consensus meeting. **European Journal of Cancer**, v. 138, p. 163-173, 2020.

BASSER, P. J.; PIERPAOLI, C. Microstructural and physiological features of tissues elucidated by quantitative-diffusion-tensor MRI. **Journal of Magnetic Resonance, Series B**, v. 111, n. 3, p. 209-219, 1996.

BRAY, F. et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, v. 71, n. 3, p. 209-249, 2021.

DE SANTIS, M. et al. **Imaging of breast cancer during pregnancy and lactation**. *Insights into Imaging*, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2022.

FERLAY, J. et al. Cancer statistics for the year 2020: An overview. **International Journal of Cancer**, v. 149, n. 4, p. 778-789, 2021.

GLAVIC, Z. et al. **Diffusion tensor imaging in the assessment of normal brain development and perinatal brain injury**. *Pediatric Radiology*, v. 53, n. 1, p. 54-66, 2023.

HAN, B. K.; KIM, E. K.; CHO, K. R. **Imaging evaluation of breast diseases during pregnancy and lactation**. *Korean Journal of Radiology*, v. 21, n. 7, p. 751-761, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). **Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2023.

ISMAIL-KHAN, R.; EHDAIE, B.; KURZROCK, R. **Breast cancer associated with pregnancy: a contemporary review**. *Clinical Breast Cancer*, v. 21, n. 1, p. e1-e10, 2021.

JOHANNSSON, O. et al. **Pregnancy-associated breast cancer: epidemiology, risk factors and biology**. *Breast Cancer Research and Treatment*, v. 172, p. 1-10, 2018.

JONES, D. K. **Diffusion MRI: theory, methods, and applications**. Oxford: Oxford University Press, 2010.

KOO, H. R.; HONG, S. J.; NAM, K. J. Non-contrast magnetic resonance imaging of the breast: current techniques and future directions. **Korean Journal of Radiology**, v. 21, n. 7, p. 779-792, 2020.

KORNGOLD, E. K. et al. **Breast MRI without and with contrast: utility of diffusion-weighted imaging and STIR sequences**. *Clinical Imaging*, v. 37, n. 3, p. 489-494, 2013.

LE BEL, D. et al. Diffusion tensor imaging in breast cancer: current evidence and future perspectives. **European Radiology**, v. 33, p. 1254-1268, 2023.

LE BEL, S. et al. Safety of magnetic resonance imaging during pregnancy: A review of the evidence. **Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine**, v. 36, n. 5, p. 1234-1242, 2023.

LE BIHAN, D. Diffusion MRI: what water tells us about the brain. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 14, n. 5, p. 315-326, 2013.

LOPEZ-TARRUELLA, S. et al. **Challenges in the management of breast cancer during pregnancy**. *Breast Care*, v. 16, n. 2, p. 97-104, 2021.

MANN, R. M. et al. Breast MRI: State of the art. **Radiology**, v. 292, n. 3, p. 520-536, 2019.

MANN, R. M. et al. The future of breast MRI. **European Journal of Radiology**, v. 116, p. 45-52, 2019.

MATHEWS, L. et al. Breast cancer during pregnancy: a population-based study. **Breast Journal**, v. 26, n. 8, p. 1607-1615, 2020.

MILLER, S. P.; FERRARI, F.; COWAN, F. M. **Neuroimaging in premature infants: Prognostic implications**. *Seminars in Neonatology*, v. 8, n. 6, p. 439-451, 2003.

MORI, S.; VAN ZIJL, P. C. M. **Fiber tracking: principles and strategies – a technical review**. *NMR in Biomedicine*, v. 15, n. 7-8, p. 468-480, 2002.

MURPHY, C. G. et al. Incidence and outcomes of pregnancy-associated breast cancer: a population-based analysis. **Breast Cancer Research and Treatment**, v. 189, p. 235-244, 2021.

OLIVEIRA, R. R. et al. Breast cancer in young women: challenges in diagnosis and treatment in Brazil. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 44, n. 3, p. 251-259, 2022.

PARTRIDGE, S. C. et al. Diffusion-weighted breast MRI: Clinical applications and emerging techniques. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, v. 45, n. 2, p. 337-355, 2017.

PARK, S. H. et al. Diagnostic performance of diffusion tensor imaging in breast cancer: a systematic review and meta-analysis. **European Radiology**, v. 28, n. 12, p. 4960-4972, 2018.

PINKER, K.; SHITRIT, L.; MANN, R. M. Breast MRI: state of the art and future directions. **European Radiology**, v. 28, p. 4634-4645, 2018.

RAFFELT, D. A. et al. **Advances in diffusion MRI for clinical translation in neurology and obstetrics**. *NeuroImage: Clinical*, v. 30, p. 102622, 2021.

ROBBINS, C. L. et al. Pregnancy-associated breast cancer: trends and risk factors. **Obstetrics & Gynecology**, v. 134, n. 5, p. 1003-1011, 2019.

RUBIN, E. J. et al. Gadolinium-based contrast agents and pregnancy. **New England Journal of Medicine**, v. 382, n. 10, p. 979-981, 2020.

SALHAB, W. A.; PERLMAN, J. M. **Magnetic resonance imaging and diffusion tensor imaging in neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy.** *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, v. 10, n. 5, p. 455-460, 2005.

SHAHAR, S. et al. **Global patterns and trends of pregnancy-associated breast cancer: a systematic review and meta-analysis.** *BMC Cancer*, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2022.

SOGANI, J. et al. Diffusion tensor imaging in breast cancer: value in lesion characterization and correlation with prognostic factors. **American Journal of Roentgenology**, v. 209, n. 3, p. 662-669, 2017.

SUN, L. et al. Global burden of breast cancer and attributable risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019. **Frontiers in Public Health**, v. 10, p. 829-870, 2022.

TARUI, T. et al. **Application of advanced neuroimaging in perinatal medicine: Diffusion tensor imaging and beyond.** *Prenatal Diagnosis*, v. 42, n. 9, p. 1102-1114, 2022.

VASCONCELOS, M. et al. Epidemiological aspects of pregnancy-associated breast cancer in Latin America: challenges and perspectives. **Journal of Global Oncology**, v. 9, p. 1-10, 2023.

WESTBROOK, C.; ROTH, C. **MRI in Practice.** 5. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global report on cancer 2022.** Geneva: WHO, 2022.

WOODHAMS, R. et al. Diffusion-weighted imaging of malignant breast tumors: the usefulness of apparent diffusion coefficient (ADC) value and ADC map for the detection of breast cancer. **Magnetic Resonance in Medical Sciences**, v. 4, n. 1, p. 35-42, 2005.

WU, Y. C.; TSENG, W. Y. I. **Diffusion tensor imaging of the brain: From basic research to clinical practice.** *Neuroradiology*, v. 64, p. 873-891, 2022.

XU, J. et al. Magnetic resonance diffusion characteristics of breast cancer: correlations with the pathological prognostic factors. **European Radiology**, v. 24, n. 6, p. 1204-1214, 2014.

XU, J. et al. Diffusion tensor imaging for characterizing breast lesions: a meta-analysis. **European Radiology**, v. 30, p. 5235–5247, 2020.

ZHANG, Y. et al. Non-contrast diffusion tensor imaging in breast cancer: diagnostic performance and clinical perspectives. **Magnetic Resonance Imaging**, v. 85, p. 115-123, 2022.

ZHENG, H. et al. Diffusion tensor imaging in breast cancer: Current status and future directions. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v. 53, n. 2, p. 415-429, 2021.