



CURSO DE BIOMEDICINA

CAROLINE SALVADORI BERGONCI

EXAMES DE IMAGEM NO DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE MAMA

**Sinop/MT
2024**

CURSO DE BIOMEDICINA

CAROLINE SALVADORI BERGONCI

EXAMES DE IMAGEM NO DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE MAMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Biomedicina, do Centro Universitário Fasipe – UNIFASIPE, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Orientadora: Dra. Amanda M. Malacrida
Coorientadora: Prof^a Rosecler Furlanetto

**Sinop/MT
2024**

CAROLINE SALVADORI BERGONCI

EXAMES DE IMAGEM NO DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE MAMA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Biomedicina – do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.

Aprovado em:

Professora Orientadora:

Departamento de Biomedicina – UNIFASIPE

Professor(a) Avaliador(a):

Departamento de Biomedicina – UNIFASIPE

Professor(a) Avaliador(a):

Departamento de Biomedicina – UNIFASIPE

Professora Avaliadora:

Departamento de Biomedicina – UNIFASIPE

Coordenadora do Curso de Biomedicina

RESUMO

O câncer de mama é uma doença heterogênea e multifatorial que afeta principalmente mulheres, sendo o tipo mais incidente e letal nessa população. A detecção precoce e o rastreamento dessa patologia possibilitam um melhor prognóstico, com tratamento mais efetivo e menor morbidade associada. Dentre as estratégias utilizadas, destacam-se os exames de imagem, em especial, a mamografia. É considerado padrão-ouro na mastologia, capaz de detectar achados imperceptíveis no autoexame e no exame clínico de mamas. Entretanto, apresenta algumas limitações, sendo necessário o uso de métodos adjuntos, como a ultrassonografia e a ressonância magnética. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver um estudo sobre a relevância dos exames de imagem no diagnóstico do câncer de mama. Busca-se compreender os princípios e a aplicabilidade de cada exame abordado no contexto dessa neoplasia mamária, bem como o balanço entre benefícios e malefícios de cada um. Além disso, destaca-se o papel biomédico que, com devida habilitação, está apto para realizar todas as modalidades apresentadas, contribuindo com o cuidado e bem-estar de pacientes acometidos por essa patologia. Para tanto, utilizou-se o método de revisão bibliográfica com base em publicações científicas que abordassem o tema. Concluiu-se que os métodos de imagem são artifício imprescindível para o diagnóstico precoce do câncer e, quando associados, alcançam maior sensibilidade e garantem um laudo mais fidedigno. Devem ser aplicados na rotina para triagem, quando acessível e recomendado.

PALAVRAS-CHAVE: Câncer de mama; Diagnóstico precoce; Exames de imagem.

ABSTRACT

Breast cancer is a heterogeneous and multifactorial disease that affects mainly women, being the most incident and lethal type in this population. Early detection and screening of this pathology enable a better prognosis, with more effective treatment and lower associated morbidity. Among the strategies used, we highlight the imaging tests, especially mammography. It is considered the gold standard in mastology, able to detect imperceptible findings in self-examination and clinical breast examination. However, it has some limitations, requiring the use of adjunct methods, such as ultrasound and magnetic resonance imaging. Thus, the present research aims to develop a study on the relevance of imaging in the diagnosis of breast cancer. It seeks to understand the principles and applicability of each exam addressed in the context of this breast neoplasia, as well as the balance between benefits and harms of each one. In addition, the biomedical role that, with due qualification, is able to perform all the modalities presented, contributing to the care and well-being of patients affected by this pathology is highlighted. Therefore, the method of bibliographic review was used based on scientific publications that addressed the subject. It was concluded that imaging methods are essential for the early diagnosis of cancer and, when associated, achieve greater sensitivity and guarantee a more reliable report. They should be applied in the routine for screening, when accessible and recommended.

KEYWORDS: Breast cancer; Early diagnosis; Imaging tests.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BI-RADS	Breast Imaging-Reporting and Data System
BRCA	Breast Cancer Gene
CC	Crânio Caudal
CM	Câncer de Mama
CR	Radiologia Computadorizada
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DR	Radiologia Direta
INCA	Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva
MLO	Médio Oblíquo Lateral
MRI	Ressonância Nuclear Magnética
OMS	Organização Mundial de Saúde
US	Ultrassonografia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da glândula mamária lactante.....	14
Figura 2 – Classificação BI-RADS.....	18
Figura 3 – Sinais de alerta do câncer de mama.....	21
Figura 4 – Componentes de um mamógrafo.....	26
Figura 5 – Mamografia com nódulo provavelmente maligno.....	28
Figura 6 – Exemplo de mamografia contrastada de dupla-energia.....	29
Figura 7 – Nódulo ultrassonográfico com suspeita de malignidade.....	31
Figura 8 – Vista comparativa de achados na MRI e na mamografia realizadas no mesmo paciente.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Justificativa	10
1.2 Problematização.....	11
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Geral	11
1.3.2 Específicos.....	11
1.4 Procedimentos Metodológicos	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Anatomia e fisiologia das mamas	13
2.2 Desenvolvimento do câncer.....	15
2.2.1 Oncogenes e genes supressores tumorais	16
2.2.2 Câncer de mama	17
2.2.2.1 Definição e classificação	17
2.2.2.2 Fatores de risco e epidemiologia	18
2.2.2.3 Sinais e sintomas	20
2.2.2.4 Prevenção e diagnóstico	22
2.3 Exames de imagem	23
2.3.1 Mamografia	25
2.3.1.1 Mamografia convencional e digital	27
2.3.1.2 Mamografia contrastada	29
2.3.1.3 Tomossíntese digital mamária	30
2.3.2 Ultrassonografia	30
2.3.3 Ressonância Nuclear Magnética.....	32
2.3.4 Biossegurança.....	35
2.4 Atuação do Biomédico nos exames de imagem	37
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

O câncer de mama (CM) é caracterizado pela proliferação desordenada e desenfreada de células anormais da mama, culminando na formação de um tumor capaz de invadir outros órgãos e tecidos (metástase). Desenvolve-se principalmente nas células da região glandular (lobos) e ductos mamários de mulheres e homens afetados, apesar da população masculina representar apenas 0,5-1% dos casos (MATOS; RABELO; PEIXOTO, 2021).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), é o tipo de câncer mais incidente no mundo com 2,3 milhões de novos casos relatados em mulheres no ano de 2020, além de causar 685 mil óbitos nesse mesmo grupo e período. O Brasil, entretanto, não reflete o panorama mundial, visto que o câncer de pele não melanoma possui maior incidência no país (31,3% de todos os casos), seguido pelo de mama feminino (10,5%) (WHO, 2020; INCA, 2022).

Não é possível relacionar uma única causa, mas sim diversos fatores que aumentam o risco da doença, com destaque para sexo e idade. Outros influentes importantes são aqueles de natureza comportamental e ambiental, como a obesidade, inatividade física, tabagismo, consumo de álcool e exposição frequente a radiações ionizantes. Também podem ser destacados fatores hereditários e genéticos, como registros de câncer na família e mutações (em destaque nos genes BRCA1 e BRCA2), fatores da história reprodutiva e hormonais, como o uso de contraceptivos orais, menarca precoce, menopausa tardia, primeira gravidez após os 30 anos e reposição hormonal por tempo prolongado (DA CRUZ et al. 2023; MATOS; RABELO; PEIXOTO, 2021; RODRIGUES; CRUZ; PAIXÃO, 2015).

Na mastologia, o método de imagem mais utilizado é a mamografia, considerado o exame “Padrão Ouro” para rastreamento e monitoramento do câncer de mama, não apenas por sua eficácia, mas acessibilidade e baixo custo. Na mamografia analógica ou convencional, as imagens geradas por reações de produtos químicos são gravadas através do sistema écran-

filme, enquanto a mamografia digital é realizada com um computador assistente e tem os resultados gravados na forma digital, o que permite melhorias no contraste das imagens posteriormente (CHALA; BARROS, 2007; DA SILVA et al. 2023).

Partindo das Diretrizes para a Detecção Precoce do Câncer de Mama no Brasil, o Ministério da Saúde recomenda a realização do exame de mamografia bienal para mulheres de 50 a 69 anos de idade, salvo aquelas que apresentam propensão pelo histórico familiar, sendo orientadas a realizar esse exame a partir dos 40 anos (MIGWONSKI et al. 2018).

Apesar de ser o exame de primeira escolha no rastreamento do câncer de mama, ele possui algumas limitações: a sua sensibilidade é menor nas mamas densas, características em mulheres jovens, onde não prevalece o tecido adiposo. Por isso, é importante a utilização de exames de imagem auxiliares nesses casos, em especial, a ultrassonografia e a ressonância magnética (CHALA; BARROS, 2007).

Assim, essa pesquisa tem por finalidade discutir, de modo comparativo, sobre os diferentes exames de imagem utilizados no auxílio do diagnóstico e rastreamento do carcinoma mamário, de acordo com os achados na literatura.

1.1 Justificativa

A detecção precoce permite identificar o câncer ainda em fases iniciais, quando há melhores expectativas de prognóstico e menor morbidade ligada ao tratamento, além de proporcionar melhor qualidade de vida aos pacientes. Consiste em um conjunto de estratégias para rastreamento e diagnóstico precoce da população, ambos se diferenciam pela presença ou não de sintomas quando descoberto o câncer. As principais técnicas de rastreio são mamografia, autoexame das mamas, exame clínico de mamas, ressonância nuclear magnética e ultrassonografia; algumas das ações de diagnóstico precoce são voltadas à conscientização da população sobre o câncer e seus sinais e sintomas, além da confirmação diagnóstica em um serviço único (MIGOWSKI et al. 2018).

Quando diagnosticadas precocemente, ou seja, com o câncer ainda em fases iniciais, observa-se uma taxa de sobrevida 50% superior à de pacientes com descoberta tardia. Vale ressaltar a existência de outros influentes no que tange a expectativa de vida, como: idade da mulher, o nível de desenvolvimento do país que habita e o estadiamento do tumor quando encontrado (ALVES DE ALMEIDA et al. 2023).

De acordo com o Conselho Federal de Biomedicina, em sua resolução nº 234, de 5 de dezembro de 2013, o profissional biomédico habilitado nas áreas de imagenologia, radiologia, biofísica, instrumentação médica, suas áreas e respectivas funções no diagnóstico por imagem

e terapia, possui capacitação para realizar todas as modalidades de exames de imagem. Dentre eles, estão a mamografia, a ultrassonografia e a ressonância nuclear magnética, pontos-chave para o correto diagnóstico do câncer de mama (CFBM, 2013).

Torna-se evidente, nesse contexto, a importância da detecção precoce uma vez que a descoberta em estágios avançados reduz as chances de cura e está intimamente ligada às taxas de mortalidade. Além disso, essa pesquisa permitirá aprofundar conhecimentos sobre o tema por meio de estudos científicos e atuais.

1.2 Problematização

A perspectiva nacional é de 74 mil novos casos do câncer de mama feminino para cada ano do triênio 2023-2025, sendo a segunda neoplasia maligna mais incidente em todo território. Os maiores riscos são estimados nas regiões Sudeste e Sul: 84,46 e 61,44 casos por 100 mil mulheres, respectivamente (INCA, 2022). Tal expectativa pode estar associada, principalmente, ao grau de desenvolvimento socioeconômico dessas regiões interligado a um sistema de saúde mais qualificado, capaz de ofertar uma maior quantidade de mamografias, ultrassons e biópsias, exames cruciais para o diagnóstico (DA CRUZ et al. 2023; SANTOS et al. 2022).

Mesmo não sendo o tipo mais incidente, é estabelecido como a causa de morte feminina por câncer mais comum no país. Segundo dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), houveram 18.361 óbitos registrados por essa neoplasia no ano de 2021, sendo que, desse total, 98,8% eram mulheres (INCA, 2021).

Diante do exposto, podemos questionar: como os exames de imagem podem auxiliar no diagnóstico precoce do câncer de mama?

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Desenvolver um estudo sobre a relevância dos exames de imagem no diagnóstico do câncer de mama.

1.3.2 Específicos

Entender o desenvolvimento do câncer de mama.

Enfatizar a importância dos exames de imagem para o rastreamento e diagnóstico precoce do câncer de mama.

Comparar os diferentes exames de imagem conforme disponível na literatura.

Apresentar a atuação do Biomédico nos exames de imagem.

1.4 Procedimentos Metodológicos

Para a realização da presente pesquisa foi utilizada a revisão bibliográfica, exploratória com abordagem qualitativa, buscando informações sobre a temática através da investigação baseada na fundamentação de publicações científicas.

O método de revisão bibliográfica permite uma síntese de pesquisas disponíveis e atualizadas sobre os métodos de imagem para diagnóstico de câncer de mama, apresentando resultados de outros estudos, contribuindo para a confiabilidade desse trabalho.

A coleta de dados das obras publicadas ocorreu no período de agosto de 2023 a junho de 2024, utilizando-se como base de dados SCIELO (The Scientific Electronic Library Online), BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), Google Acadêmico e PUBMED. Os descritores para a pesquisa inicial foram: “câncer de mama”, “exames de imagem”, “diagnóstico precoce”, com recorte temporal de 2009 a 2023. No entanto, há cinco obras que estão fora desse período de pesquisa, pois apresentam informações necessárias para a construção desse trabalho.

Os critérios de inclusão foram livros e artigos científicos na íntegra que abordassem o tema tanto na língua inglesa como na portuguesa. Diante disso, 74 bibliografias foram utilizadas no total.

2.REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo irá aprofundar a temática com base no levantamento bibliográfico realizado para essa pesquisa, de modo a direcionar o leitor a um melhor entendimento dos assuntos já abordados: o câncer de mama e seu diagnóstico por imagem.

2.1 Anatomia e fisiologia das mamas

As mamas são estruturas glandulares presentes em ambos os sexos cuja função essencial é a produção de leite materno, o que não ocorre em homens visto que, no sexo masculino, são subdesenvolvidas e não funcionais. Seu desenvolvimento é uma das principais características sexuais secundárias femininas, iniciando-se na puberdade com pico de amadurecimento nas fases de gestação e lactação (MOORE; DALLEY; AGUR, 2019).

As mamas localizam-se no plano anterior e superior do tórax sobre o músculo peitoral maior, o músculo serrátil anterior e a fáscia peitoral. Estendem-se, em média, desde a terceira até a sétima costela e entre o bordo esternal e a linha axilar média, sendo separadas pelo sulco intermamário. Sua forma e volume são variadas, sendo comumente assimétricas, sofrem alterações durante as fases de vida (BERNARDES, 2011).

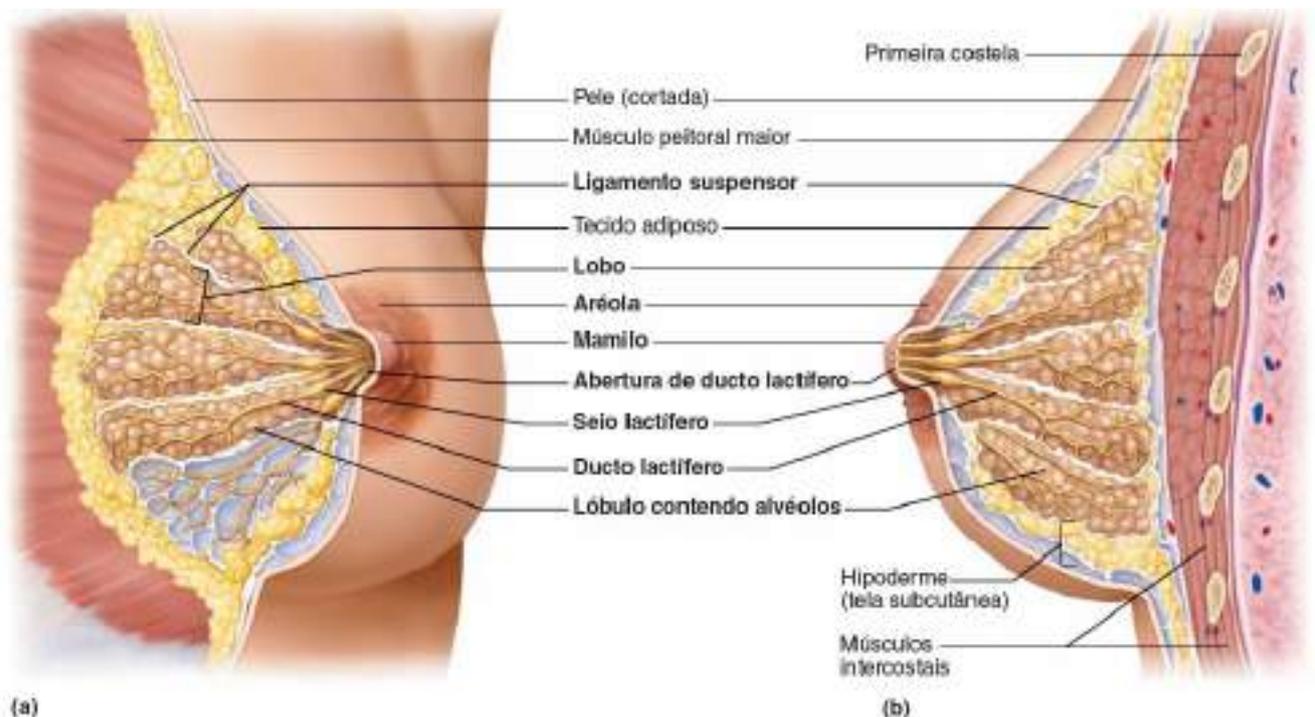
Os ligamentos de Cooper são responsáveis pela sustentação da mama no plano torácico. Tais ligamentos fibrosos se entendem desde a fáscia peitoral profunda até a derme sobrejacente, não só fornecendo suporte, mas também revestindo, delimitando e segregando as estruturas lobulares das glândulas. Esse tecido conjuntivo é qualificado como um estroma bem desenvolvido (MARIEB, 2014; DRAKE; VOGL; MITCHELL, 2015).

Externamente, a mama é revestida por pele e apresenta uma saliência cilíndrica central denominada papila mamária ou mamilo envolta pela aréola, uma área circular e pigmentada de pele que contém fibras musculares e glândulas sebáceas, sudoríparas e mamárias acessórias, além de alguns pelos. Há também pequenas papilas denominadas tubérculos ou glândulas de Montgomery, produtoras de secreções oleosas que lubrificam e protegem o mamilo e a aréola, especialmente no período de lactação (ÓRFÃO; GOUVEIA, 2009).

Já na parte interior, a mama é constituída por tecido glandular epitelial, tecido adiposo e tecido conjuntivo fibroso. O tecido glandular corresponde ao parênquima da glândula mamária, ou seja, às células secretoras de leite. Sendo assim, tem sua estrutura disposta em 12-20 lobos compostos por pequenos lóbulos e, esses, por alvéolos ou ácinos – menores unidades funcionais da mama. Cada lobo é drenado por um ducto lactífero próprio que irá se estender independentemente até a base do mamilo (Figura 1). Antes de alcançar as aberturas na papila, os ductos apresentam uma dilatação fusiforme, o seio lactífero, onde o leite se acumula até receber o estímulo para ser secretado (MARIEB, 2014; MOORE; DALLEY; AGUR, 2019).

O tecido adiposo contorna e preenche todo o parênquima mamário. Sua quantidade está atrelada ao tamanho do órgão, correspondendo de 50 a 70% do volume do mesmo (SCHRÖDER; ZANIN, 2021). Está presente de forma superficial e anterior, quando depositado logo abaixo da pele, e de forma profunda e posterior no chamado espaço retromamário ou bolsa serosa. Nessa última porção, uma fina camada de gordura junto de tecido conjuntivo frouxo evita o contato da fásia peitoral contra as glândulas e confere certa motilidade à mama. Ainda existe deposição adiposa intra-glandular que parte de prolongamentos desde a camada subcutânea e preenche os espaços entre os lobos (ÓRFÃO; GOUVEIA, 2009; BERNARDES, 2011).

Figura 1 – Estrutura da glândula mamária lactante



(a) Vista anterior de uma mama parcialmente dissecada. (b) Corte sagital de uma mama. **Fonte:** Adaptado de MARIEB, (2014).

A base de implantação das glândulas possui, normalmente, contorno irregular e pode apresentar pequenas extensões denominadas prolongamentos mamários. O processo axilar é o mais importante e comum e, como o próprio nome sugere, estende-se lateralmente até o fundo da axila (BERNARDES 2011).

A vascularização arterial das mamas fica em cargo de ramos provenientes da artéria axilar e da artéria subclávia, com destaque para as artérias torácica superior, torácica lateral, toracoacromial, torácica interna e intercostais posteriores. Grande parte da irrigação provém dos ramos perfurantes da artéria torácica interna. A drenagem venosa, por sua vez, ocorre através da veia axilar (principalmente) e da veia torácica interna, seguindo um trajeto similar ao das artérias (SCHRÖDER; ZANIN, 2021).

O sistema linfático tem papel importante na metástase dos tumores. Na mama, toda linfa drenada dos lóbulos, aréolas e papilas passa, por meio de canais, para o plexo linfático subareolar. Desse total, mais de 75% é destinado aos gânglios axilares através dos linfonodos anteriores ou peitorais ou diretamente. O restante, derivado sobretudo dos quadrantes mediais e inferiores da mama, drena para os linfonodos paraesternais e abdominais, respectivamente. Alguma drenagem pode ocorrer por vias acessórias, porém em menores quantidades. A passagem da linfa para ductos cada vez maiores (troncos linfáticos) culmina no retorno desse líquido ao sistema venoso (DRAKE; VOGL; MITCHELL, 2015; MOORE; DALLEY; AGUR, 2019).

2.2 Desenvolvimento do câncer

Neoplasia é a proliferação exacerbada de células anormais em qualquer região do corpo, o que ocasiona a formação de tumores. A depender do nível de organização e velocidade em que essa proliferação acontece, além da avaliação de seu potencial invasivo, podemos classifica-los em benignos e malignos (TEIXEIRA, 2020; INCA, 2022).

Os tumores benignos possuem constituição celular semelhante ao do tecido original, por isso, apresentam um certo grau de diferenciação, crescimento lento e são incapazes de desenvolver metástase, seu maior risco está relacionado à compressão de vasos e órgãos adjacentes. Em contrapartida, as neoplasias malignas são mais reativas, de aspecto cancerígeno: as células dividem-se descontroladamente e de forma ágil o que as torna, por muitas vezes, indiferenciadas. Essa perda de características do tecido original colabora com a capacidade migratória que essas neoplasias detêm (TEIXEIRA, 2020).

O desenvolvimento do câncer, denominado carcinogênese ou oncogênese, passa por diferentes estágios até o estabelecimento do câncer propriamente dito. No estágio de

iniciação, os genes são modificados através da ação de fatores carcinógenos cumulativos, formando células “iniciadas” que permanecerão latentes e clinicamente indetectáveis até a atuação de outros agentes sobre as mesmas. Durante a promoção, essas células alcançam a malignidade após serem expostas aos agentes oncopromotores. Por fim, no estágio de progressão as células malignas tornam-se mais reativas, têm crescimento acelerado e potencial metastático, em outras palavras, representa a instalação do câncer (CÂNDIDO et al. 2016).

Em geral, esse processo ocorre vagarosamente, podendo levar vários anos para enfim formar uma massa tumoral visível. Além disso, é possível interromper sua evolução ao suspender o contato com agentes promotores quando ainda no segundo estágio (CÂNDIDO et al. 2016; INCA, 2022).

2.2.1 Oncogenes e genes supressores tumorais

Os oncogenes são derivados mutantes e ativados dos proto-oncogenes – genes codificadores de proteínas auxiliares do crescimento celular normal –, que estimulam mitoses desenfreadas ao mimetizarem alguns dos fatores de crescimento (SILVA, 2013; VIDEIRA, 2002).

Para prevenir tais intercorrências, as proteínas supressoras tumorais regulam a divisão das células, reparam o DNA danificado e induzem a apoptose, se necessária. Nesse grupo, destaca-se a proteína p53, “o guardião do genoma”, especialmente por seu papel na indução da morte celular programada. Entretanto, caso haja mutação nos genes supressores tumorais que codificam tais proteínas, sua expressão será comprometida, tornando o organismo vulnerável a formação de tumores. É importante salientar que uma única mutação não é capaz de gerar um câncer. Uma célula cancerosa surge a partir de uma série de erros genéticos não reparados (LIMA et al. 2020).

No caso do CM, os genes comprometidos de maior relevância clínica são os BRCA 1 e BRCA 2. Ambos são genes supressores de tumor envolvidos na sinalização e reparo celular e, quando inativos por mutação, incitam a multiplicação de células anômalas. Sua inibição, concomitante ou não, está ligada a até 50% dos casos de causas hereditárias e genéticas, o que os estabelece como fatores de risco para o desenvolvimento dessa patologia. Mulheres com histórico familiar do carcinoma mamário são de 2 a 4 vezes mais propensas ao desenvolvimento desse câncer, em especial, aquelas com mutações nos genes BRCA 1 e BRCA 2 (AKRAM et al. 2017; DA SILVA; GUIMARÃES, 2023).

2.2.2 Câncer de mama

2.2.2.1 Definição e classificação

O câncer de mama ocorre quando há proliferação de células neoplásicas no tecido mamário. Pode ser dividido em tipos histológicos: os carcinomas e sarcomas. Os carcinomas são originários do tecido epitelial e representam o tipo mais comum de tumor maligno na mama, sendo categorizados em ductais ou lobulares e invasivos ou *in situ* quanto à sua localização e extensão, respectivamente. Os sarcomas são formas mais raras dessa doença cuja origem se dá no tecido conjuntivo, adiposo ou muscular, tendo apresentação comumente assintomática (DE BROT, 2022; RAMALHO, 2012).

Os carcinomas *in situ*, apesar de se limitarem à região em que surgem, podem tornar-se invasivos em alguns casos, por isso, também são chamados de pré-invasivos (CÂNDIDO et al. 2016). Em geral, limitam-se às estruturas do parênquima mamário e são divididos em carcinoma ductal *in situ* e lobular *in situ*, sendo o primeiro o tipo mais comum (DE BROT, 2022).

A metástase nada mais é do que a infiltração de células cancerosas em outros tecidos e órgãos, adjacentes ou não, que não aquele de onde se originou. Esse potencial difusivo é característico dos carcinomas invasivos. Nesse grupo e nos carcinomas em geral, o carcinoma ductal invasivo é o tipo mais prevalente, correspondendo a até 75% dos casos. Espalha-se pelo epitélio dos ductos, obstruindo-os e causando possível necrose. Pode invadir o estroma e estar associado a microcalcificações. Quando diagnosticado, normalmente já apresenta metástase ganglionar. O tipo lobular invasivo chega a representar 10% dos casos de CM, possui bom prognóstico, sendo associado ao carcinoma lobular *in situ*, na maioria das vezes (RAMALHO, 2012).

Tipos mais incomuns são, por exemplo, o carcinoma inflamatório e a doença de Paget mamária. A rápida velocidade de crescimento das células cancerosas no carcinoma inflamatório causa obstrução nos vasos linfáticos da mama. Esse bloqueio é manifestado externamente na mama por meio de sinais como vermelhidão, edema e pele em aspecto de “casca de laranja”. A doença de Paget, por sua vez, manifesta-se através de erupções cutâneas avermelhadas e pruriginosas no mamilo, que podem se alastrar para o restante da pele (AKRAM et al. 2017).

Os carcinomas invasivos podem ser divididos, ainda, nos subtipos moleculares luminal A, luminal B, HER2 e triplo negativo, diferenciados pela presença ou ausência de receptores hormonais nos tumores. Triplo negativo é um carcinoma maligno reconhecidamente agressivo. Recebe essa nomenclatura pelas seguintes características moleculares: não possui o

receptor da proteína HER2 (fator de crescimento epidérmico humano 2) nem os receptores hormonais de estrogênio (ER) e progesterona (PR) (DA SILVA; GUIMARÃES, 2023; WCRF, 2018).

O Breast Imaging-Reporting and Data System (BI-RADS®) categoriza e padroniza internacionalmente os achados dos exames de imagem das mamas em uma escala de 0 a 6 de acordo com a ausência, suspeita ou estadiamento dos tumores, sendo que BI-RADS 0 indica exame inconclusivo e BI-RADS 6 indica achados malignos confirmados por biópsia (Figura 2). O sistema também inclui uma cartilha de orientações médicas a serem seguidas de acordo com o resultado obtido, instruindo a formulação do laudo (BONILLA; TABANERA; MENDOZA, 2017; ROVEDA JUNIOR et al. 2007).

Figura 2 – Classificação BI-RADS

<i>Birads</i>	<i>Interpretação</i>	<i>Conduta Médica</i>
0	O exame não foi capaz de avaliar corretamente a mama	Outros exames têm que ser feitos (mamografia de compreensão, ultrassom ou ressonância de mama)
1	Exame normal	Seguir rastreamento com mamografia normalmente
2	Exame normal	Seguir rastreamento com mamografia normalmente
3	Provavelmente normal	Seguir rastreamento com mamografia normalmente ou repetir exame com 6 meses
4A, 4B e 4C	Risco baixo (4A), moderado (4B) e alto (4C) de câncer	Realizar biópsia da mama
5	Risco alto de câncer	Realizar biópsia da mama
6	Paciente já tem câncer comprovado por biópsia e fez mamografia para planejar a cirurgia	Planejamento da cirurgia

Fonte: Adaptado do BI-RADS®, (2013).

2.2.2.2 Fatores de risco e epidemiologia

Por se tratar de uma doença multifatorial, não é possível estabelecer uma causa única a ela, em vez disso, consideramos diversos fatores de risco cumulativos aos quais o indivíduo pode ser exposto ao longo da vida. Esses fatores variam em sua natureza, podem ser endócrinos, ambientais, ocupacionais, hereditários ou de comportamento. Os de maior relevância diagnóstica e epidemiológica são sexo e idade, já que mulheres acima dos 50 anos são o grupo mais afetado (DA CRUZ et al. 2023).

Em cerca de 5-10% dos casos, o CM advém de causas hereditárias, sendo o restante associado a causas externas. A predisposição familiar deve ser avaliada através de critérios como: familiar de primeiro grau diagnosticado com a neoplasia antes dos 50 anos, ou ainda

antecedentes familiares de CM bilateral ou câncer ovariano (DA SILVA; GUIMARÃES, 2023; OLIVEIRA et al. 2019).

Dentre os fatores endócrinos e de história reprodutiva, relacionados principalmente ao estrogênio, podemos citar a nuliparidade, a primeira gravidez após os 30 anos, a menarca precoce, a menopausa tardia, o uso de contraceptivos orais e a terapia hormonal pós-menopausa. A doença é considerada estrogênio-dependente, logo, entende-se que o hormônio possa estimular a replicação celular de tumores já existentes. Esse risco eleva-se quando a progesterona está associada (MATOS; RABELO; PEIXOTO, 2021; WCRF, 2018).

Os fatores ocupacionais estão relacionados à exposição radioativa e de substâncias, como agrotóxicos, em ambiente laboral. O risco das radiações ionizantes é proporcional à sua dose e à frequência com que a exposição ocorre. Obesidade, sedentarismo e vícios como o tabagismo e o etilismo são alguns exemplos de agentes carcinógenos comportamentais (CÂNDIDO et al. 2016; OLIVEIRA et al. 2019).

O CM feminino é o tipo de câncer mais incidente no mundo, superando o de pulmão (11,7% e 11,4% do total de novos casos em 2020, respectivamente), e o mais mortal na população feminina, contabilizando 682 mil mortes globais em 2020. Em países desenvolvidos, os índices de incidência dessa neoplasia são 88% maiores do que naqueles em desenvolvimento: 55,9 e 29,7 casos por 100 mil mulheres, respectivamente. Essa concentração epidemiológica pode ser justificada pela exposição mais prolongada dessas mulheres aos fatores de risco hormonais, comportamentais e do histórico reprodutivo, tal qual maior oferta e acessibilidade a métodos de rastreamento como a mamografia (SUNG et al. 2021).

Conforme os dados divulgados pelo INCA em “Estimativa 2023: incidência de câncer no Brasil”, a expectativa é de quase 74 mil novos casos de CM para cada ano no período de 2023 a 2025 em todo território nacional, sendo a neoplasia maligna mais prevalente, salvo o câncer de pele não melanoma. Os maiores riscos são estimados nas regiões Sudeste e Sul: 84,46 e 61,44 casos por 100 mil mulheres, respectivamente (INCA, 2022). Numa análise individual de cada Unidade Federativa em “Estimativa de Incidência de Câncer no Brasil, 2023-2025”, observa-se predominância do CM na população feminina em todos os estados e Distrito Federal, com exceção dos estados do Amazonas e Amapá, onde perde a primeira posição para o câncer de colo uterino, apenas (SANTOS et al. 2023).

Apesar de não ser o tipo mais incidente, é estabelecido como a causa de morte por câncer mais comum no país. Segundo dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade

(SIM), houveram 18.361 óbitos registrados por essa neoplasia no ano de 2021, sendo que, desse total, 98,8% eram mulheres (INCA, 2021).

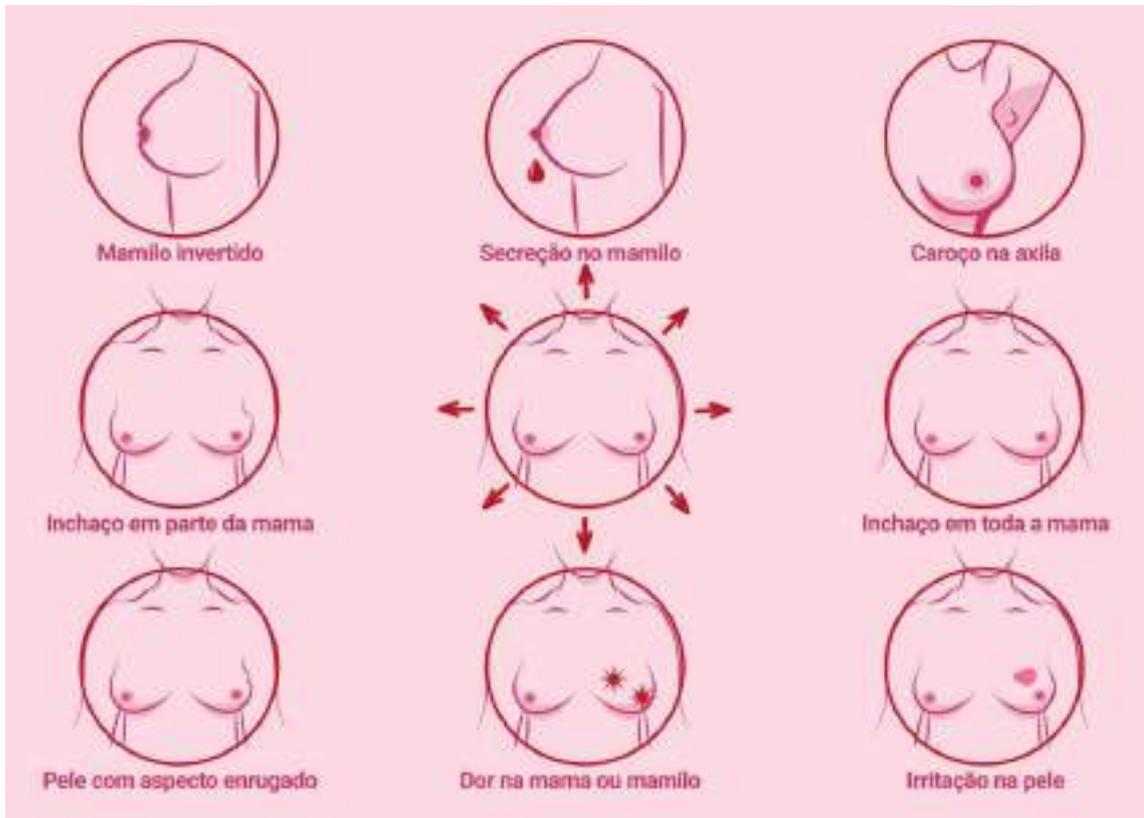
Da mesma forma que influencia nos valores de incidência, o nível socioeconômico territorial também afeta diretamente as taxas de mortalidade, mas de maneira inversa: enquanto regiões mais desenvolvidas proporcionam melhores estruturas e acesso aos serviços de saúde à população, possibilitando muitas vezes o diagnóstico do CM precocemente e menor taxa de letalidade associada, aquelas de menor desenvolvimento carecem em recursos financeiros, o que inviabiliza a implementação adequada das estratégias de rastreamento e diagnóstico precoce e compromete as perspectivas de tratamento e cura (SILVA et al. 2024; SUNG et al. 2021).

2.2.2.3 Sinais e sintomas

Cada câncer possui uma evolução única que depende de fatores como a velocidade de replicação tumoral, o potencial infiltrativo do tumor e outros mecanismos, ainda não completamente elucidados, relacionados com o perfil imunológico, hormonal e nutricional do paciente. O CM é uma doença heterogênea e pode apresentar-se em uma variação de sintomas físicos e psicológicos (DA CRUZ et al. 2023; SARTORI; BASSO, 2019).

A manifestação clínica mais comum e mais notada pelos pacientes é o nódulo palpável fixo, geralmente indolor, sólido e irregular. A descarga papilar sanguinolenta (telorreia), pele com aspecto enrugado semelhante a uma “casca de laranja”, presença de nódulo na mama ou axila, dor na mama ou mamilo, edema, irritação na pele, retração e prurido papilar podem ser outros sinais e sintomas observados no carcinoma mamário (Figura 3) (DE BROT, 2022; SARTORI; BASSO, 2019).

Figura 3 – Sinais de alerta do câncer de mama



Fonte: DA CRUZ et al. (2023).

Conhecer a drenagem linfática das mamas é de suma importância para a compreensão do processo metastático, pois o câncer costuma se disseminar por essa via. Os linfonodos axilares são os alvos mais comuns da infiltração de células cancerosas, produzindo um foco de concentração celular tumoral nesses locais (metástase linfogênica) com o possível desenvolvimento de linfadenopatia axilar, essencial na detecção precoce pois seu surgimento é altamente sugestivo. O acometimento axilar pode ser antecipado, ainda, através da análise do linfonodo sentinela, que primeiro alberga a drenagem linfática da mama (FREDERICO; PUENTES; FELZENER, 2024; MOORE; DALLEY; AGUR, 2019).

A descoberta de uma patologia altamente estigmatizada como o câncer pode afetar negativamente os estados mental e físico do paciente recém-diagnosticado cuja expectativa de sobrevida também é gradualmente afetada. A hesitação frente a evolução do câncer, seu tratamento e o desfecho clínico incerto acumulam em quadros depressivos, ansiedade, baixa autoestima e atrasos na adesão terapêutica em muitos casos. A depressão é o transtorno psiquiátrico mais comum em pacientes com câncer, estando atrelada a fatores como idade

avançada, falta de suporte emocional familiar e social, laços conjugais, apresentação e intensidade de sintomas e moradia (YILMAZ et al. 2019).

2.2.2.4 Prevenção e diagnóstico

A prevenção primária do câncer de mama consiste num conjunto de ações voltadas para a redução de exposição dos indivíduos aos possíveis fatores de risco de modo a reduzir os índices de ocorrência, visando os grupos de maior risco. As medidas de prevenção secundária não são capazes de alterar a incidência do câncer, porém podem reduzir a morbimortalidade através do rastreamento e detecção precoce dessa patologia, fornecendo por muitas vezes um melhor prognóstico aos indivíduos. O autoexame de mama, exame clínico e os exames de imagem são exemplos de medidas de prevenção secundária (OLIVEIRA et al. 2019).

O autoexame das mamas consiste na palpação, realizada pela própria mulher, em pé ou deitada, e observação das mamas em busca de sinais e sintomas relativos ao CM, como variações anormais de aspecto e nódulos. Campanhas de saúde e políticas públicas são de suma importância na conscientização e acolhimento de mulheres, tornando-as mais capacitadas a identificar alterações sugestivas e buscarem os serviços de saúde para avaliação médica (MIGOWSKI et al. 2018).

O exame clínico de mamas, como método de rastreamento, é aplicado como adjunto à mamografia. Tem por objetivo detectar tumores palpáveis e outras alterações da mama através da qualificação médica. Entretanto, sua sensibilidade é reduzida (por volta de 28 a 36%) e induz uma taxa considerável de resultados falso-positivos, conduzindo a investigações diagnósticas desnecessárias, e falso-negativos que retardam a descoberta do câncer (MIGOWSKI et al. 2018).

Na mastologia, o método de imagem mais utilizado é a mamografia, considerado o exame “Padrão Ouro” para rastreamento e detecção precoce do CM, capaz de revelar tumores ainda não palpáveis e microcalcificações. Quando necessário, outros métodos complementares devem ser implementados na investigação diagnóstica, tais como a ultrassonografia e a ressonância nuclear magnética, principalmente tratando-se de pacientes jovens em que a sensibilidade da mamografia diminui de forma significativa (DA SILVA et al. 2023).

Mulheres jovens devem ser orientadas a fazer o autoexame e se submeterem ao exame clínico de mamas regularmente, mesmo que os dados clínicos que relacionam essas ações

preventivas a menores taxas de mortalidade nessa população sejam limitados (RADECKA; LITWINIUK, 2016).

Conforme procedimento estabelecido pelo BI-RADS, quando nódulos e outras anomalias são notados no exame clínico e confirmados por imagem, faz-se necessária a validação por biópsia: parte do material biológico da região suspeita é recolhido por aspiração e submetido à análise histopatológica, que irá conferir caráter benigno ou maligno baseado nas características celulares. O procedimento é pouco invasivo, realizado com agulha guiada por vídeo a fim de se evitar maiores danos. A pesquisa do linfonodo sentinela também é uma alternativa que permite verificar o nível de metástase do câncer, se presente, e evita a dissecação axilar (BONILLA; TABANERA; MENDOZA, 2017; FREDERICO; PUENTES; FELZENER, 2024).

2.3 Exames de imagem

Perante a descoberta dos raios-x pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen em 1845, a comunidade médica e cientista viu grande aplicabilidade diagnóstica e, mais adiante, terapêutica no recente achado, não tardando em ser incorporada à área da saúde como ferramenta imprescindível para a atividade clínica (MOURÃO; OLIVEIRA, 2018).

Assim, sob o título de Radiologia, a nova modalidade diagnóstica foi o principal alvo de estudos ao longo de todo século XX, que buscavam desvendar a natureza e o comportamento dessa radiação, bem como os resultados de sua interação com a matéria, em especial, a orgânica. Dentre eles, vale destacar a ionização (DO VAL, 2006).

A ionização é um dos efeitos mais preocupantes da exposição radiológica. A alta energia contida nos raios-x promove a ejeção de elétrons da eletrosfera em átomos anteriormente estáveis, tornando-os íons positivos e lançando esses elétrons livres no meio. Caso esse átomo componha uma molécula, a irradiação pode causar sua desestruturação pela quebra de ligações químicas, gerando radicais livres reativos que, por sua vez, provocam estresse oxidativo, envelhecimento e morte celular, além de desencadear patologias, como o CM (ALVES; CARDOSO, 2021; MOURÃO; OLIVEIRA, 2018).

Outra de suas propriedades é a de atravessar objetos, e quando o faz, ocorre alguma absorção. Entende-se que, por via de regra geral, quanto maior forem a densidade, espessura e número atômico do objeto irradiado, maior será sua deposição energética ali. De acordo com sua capacidade absorptiva, os objetos podem ser classificados em radiopacos ou radiotransparentes. À medida que absorvem mais radiação, sua aparência na imagem será mais clara ou opaca, como é o caso de ossos e metais. Da mesma forma, se a retenção dos

raios for menor, o objeto se apresentará de cor escura ou transparente (ar e gordura), pois a radiação transpassada sensibiliza os receptores (MARIEB, 2014; MOREIRA; DE ABREU, 2023).

Dessa forma, o produto final da geração de imagens é composto de variadas tonalidades acinzentadas, um gradiente entre preto e branco proporcional às densidades e espessuras das estruturas estudadas. Quanto maior a discrepância de tons, melhor o contraste da imagem (TEIXEIRA; TAVARES, 2013).

A depender da direção em que os raios incidem no paciente em relação ao seu plano anatômico, são obtidas diferentes incidências radiológicas. O corte coronal permite a vista das estruturas no sentido antero posterior. Já o corte axial concede um visual no sentido ínfero superior. A vista lateral é proporcionada pelo corte sagital. Com o advento de tecnologias inovadoras, a reconstrução tridimensional tornou-se também recurso viável e essencial na interpretação de laudos, tornando-os mais legíveis e detalhados (MARIEB, 2014).

Atualmente, é denominado Imagenologia o campo que compreende os exames de imagem, visto que nem todos dessa modalidade possuem o mesmo princípio físico da Radiologia Convencional, como era antes conhecido. A ultrassonografia e a ressonância nuclear magnética são exemplares imaginológicos que não utilizam raios-x para sua execução e conquistaram grande espaço no meio diagnóstico, inclusive como métodos adjuntos na investigação do CM. A mamografia, entretanto, ainda emprega essa radiação, mesmo que modificada em prol da conformidade anatômica local (DO VAL, 2006).

Permitem, no contexto da neoplasia mamária, a observação de alterações não perceptíveis no exame clínico nem no autoexame, como cistos e microcalcificações, bem como qualificam os tumores de acordo com sua morfologia. Compõem as estratégias de rastreamento e de prevenção secundária para essa neoplasia a fim de redefinir melhores prognósticos associados à diminuição das taxas de mortalidade e ao aumento na expectativa de sobrevida (OLIVEIRA et al. 2019).

Nos últimos anos, as tecnologias dos exames de imagem vêm se aprimorando. Merecem destaque a rápida obtenção e a alta resolução das imagens. Contudo, essas ainda se limitam a alguns fatores subjetivos, como a experiência e a competência médica do profissional operador. Diante disso, são aplicadas técnicas de processamento de imagem, incluindo detecção lesionar, segmentação, registro e fusão das imagens. Tal medida de ação não só diminui a dependência no olhar médico, como também auxilia no ensinamento, planejamento e simulação de operações, entre outros (ZHANG et al. 2021).

Considerando o diagnóstico precoce e tratamento como pontos-chave para redução da morbimortalidade, o processamento de imagem tornou-se uma peça importante na mamografia e outros métodos de avaliação das mamas ao permitir um melhor estudo das massas, calcificações e densidade tecidual (ZHANG et al. 2021).

2.3.1 Mamografia

A mamografia é um estudo radiográfico das mamas, estabelecido como o exame padrão-ouro para o rastreamento populacional e diagnóstico do câncer graças a sua eficácia comprovada na redução significativa das taxas de mortalidade. No ano de 2022, foram realizadas mais de 4 milhões de mamografias em mulheres no Sistema Único de Saúde, sendo 3.856.595 dessas apenas mamografias de rastreamento, conforme dados do INCA (2023). O Ministério da Saúde recomenda que esse exame seja realizado uma vez a cada 2 anos por mulheres na faixa etária dos 50 aos 69 anos, salvo aquelas que compõem grupo de risco, cuja recomendação é que se inicie o rastreamento aos 40 anos (IARED et al. 2011; MIGOWSKI et al. 2018).

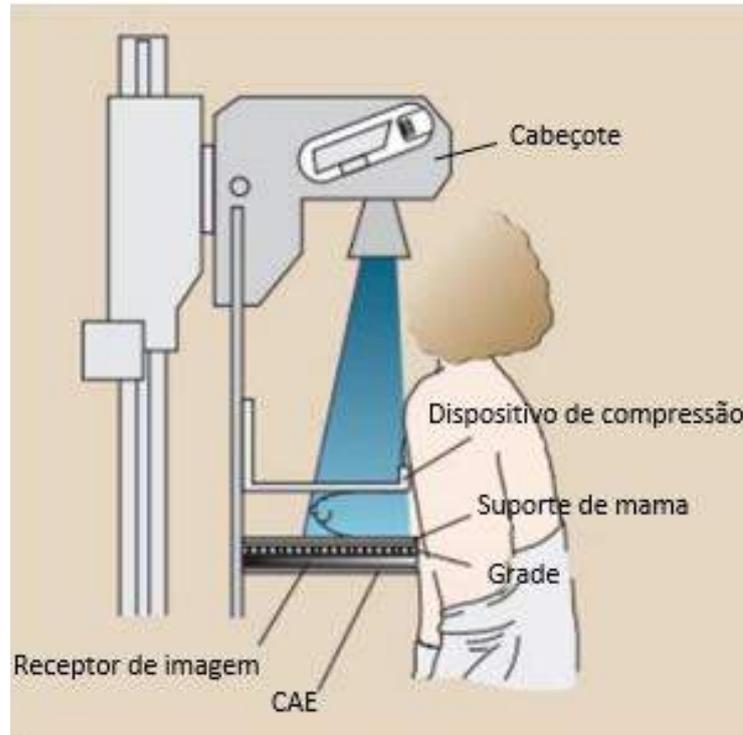
O mamógrafo é composto por um dispositivo de compressão, um suporte de mama, cabeçote, grade, controle automático de exposição (CAE) e o receptor de imagem (Figura 4). As mamas devem ser comprimidas de forma a estender a área de exame – sem a introdução de nenhum artefato de imagem resultado da compressão, incluindo dobra de tecido cutâneo –, e reduzir a sobreposição de tecidos, tornando-as mais uniformes e homogêneas e diminuindo a dose e o tempo de exposição necessários (DA SILVA et al. 2023; SOUZA; NUNES, 2021). Ademais, a aplicação de uma pressão moderada e adequada deve ser capaz de imobilizar a mama, evitando movimentos que reduzem a nitidez e originam artefatos de imagem, e não causar maiores desconfortos ao paciente (MOURÃO; OLIVEIRA, 2018).

O estudo é sempre bilateral, composto por duas incidências diferentes de cada mama, sendo a crânio caudal (CC) e a média lateral oblíqua (MLO) as mais empregadas na rotina. A primeira privilegia os quadrantes mediais, ao passo que segunda exige uma rotação do equipamento na horizontal numa angulação de 40 a 70° e engloba boa parte dos tecidos mamários e o processo axilar. Sua associação permite uma vista abrangente dos tecidos em todos os quadrantes da mama (TEIXEIRA; TAVARES, 2013).

Incidências complementares e manobras especiais podem ser adicionadas conforme a demanda. Em mulheres com próteses mamárias, por exemplo, o operador afastará a prótese do campo da imagem, isolando-a no espaço retromamário por meio da manobra de Eklund. No caso de mamas de pequeno volume (masculinas e femininas) recomenda-se a incidência

caudocranial, uma variação da CC onde o conjunto é rotado em 180° de modo que o receptor e o dispositivo de compressão invertam suas posições (BIASOLI JR, 2016; TEIXEIRA; TAVARES, 2013).

Figura 4 – Componentes de um mamógrafo



Fonte: Adaptado de SOUZA.; NUNES, (2021).

A produção e emissão de raios-x é feita pelo tubo no interior do cabeçote por dois eletrodos: um ânodo rotatório – composto por molibdênio, ródio ou uma associação de ambos, denominado bimetálico – recebe feixes de elétrons acelerados de um cátodo cuja velocidade deve ser conservada pelo ambiente à vácuo da ampola. A colisão decorrente converte a energia cinética das partículas em calor e, em menores frações, em raios-x que abandonarão o cabeçote através de uma janela contendo um filtro metálico (DIMENSTEIN et al. 2022).

Nesse processo também são originados fótons de baixa energia desnecessários à formação da imagem. Essas radiações secundárias devem ser filtradas ao máximo, pois também sensibilizam o receptor de imagem e deturbam partes mais claras. O colimador também pode estar adjacente à janela, é um limitador de campo composto de chumbo, utilizado para evitar a irradiação de zonas indesejadas ao estudo (BIASOLI JR, 2016).

O volume de elétrons e a força com que serão lançados contra o ânodo são regulados pela miliamperagem (mA) e pelos quilovolts (kV), respectivamente (DO VAL, 2006). São parâmetros determinantes do nível de exposição e seus valores podem ser alterados pelo operador a depender do nível de automação do equipamento, papel desempenhado pelo dispositivo CAE nos mamógrafos atuais e obrigatório nesses (SARAU; JÚNIOR; POTIENS, 2020; SOUZA; NUNES, 2021).

Dessa forma, o princípio físico aplicado é o mesmo da radiografia, mas com algumas adaptações. O tungstênio é o metal de escolha para compor o tubo na radiografia pelo seu número atômico elevado, produtor de alta energia pela maior quantidade de elétrons, a qual não é recomendada na mamografia, sendo preferível o uso de baixas energias (tensão de até 35kV) compensadas por uma alta corrente, que proporcionam um bom contraste nos tecidos moles da mama e evitam a superexposição prejudicial à resolução (BIASOLI JR, 2016).

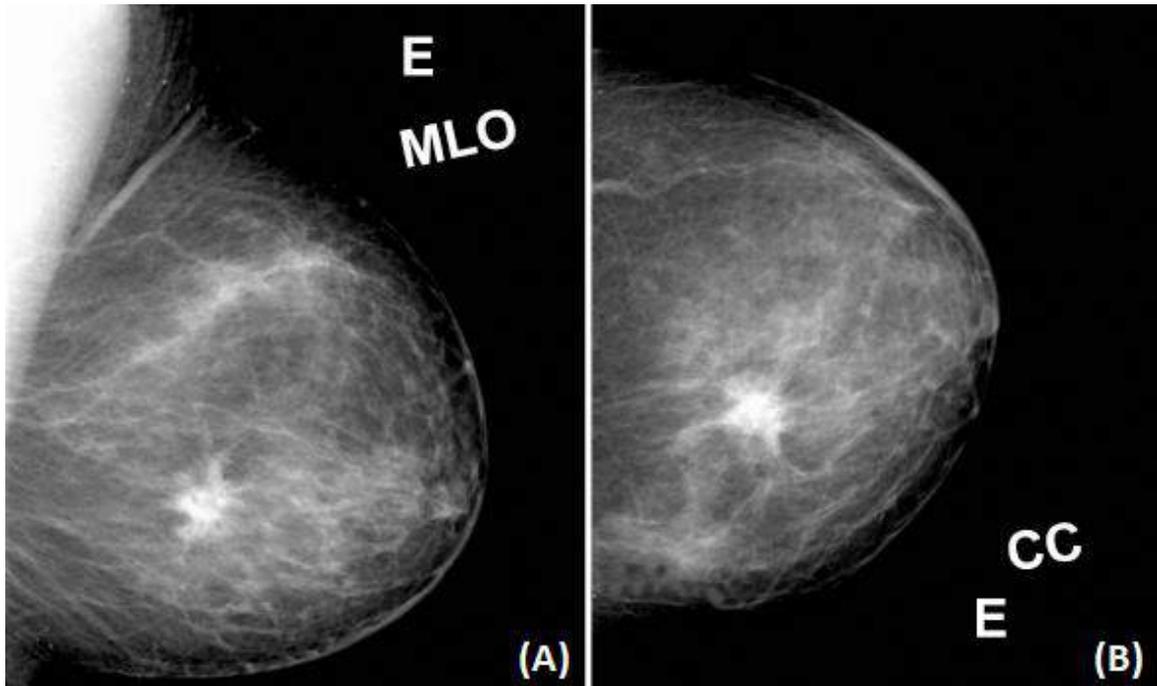
2.3.1.1 Mamografia convencional e digital

Há dois tipos de mamografia: convencional e digital, sendo que essa pode ainda ser dividida em radiologia computadorizada (CR) e radiologia direta (DR). Todas utilizam da mesma radiação, os raios-x, emitidos por uma fonte geradora no aparelho. As mamas, então achatadas, são irradiadas por um feixe de fótons que podem ser absorvidos, desviados ou podem transpassá-las dependendo da disposição dos elementos internos. Os resultados dessa interação são detectados pelo filme (mamografia convencional), pela placa de imagem (CR) ou pelo receptor digital (DR). Sendo assim, sua diferença reside na forma como a imagem é obtida e armazenada (CHALA; BARROS, 2007; SOUZA; NUNES, 2021).

De certa forma, a mamografia digital é mais vantajosa quando comparadas as qualidades de imagem, isso porque a aquisição digital permite acesso aos resultados em longa distância e o uso recursos de melhoria como ampliação, aplicação de filtros e manipulação de contrastes. Graças ao pós-processamento, são reduzidos os procedimentos entendidos como desnecessários, tais como o retorno do paciente e consequente superexposição. Mesmo contando com as vantagens citadas, é improvável a substituição total do meio analógico pelo digital (DA SILVA et al. 2023; IARED et al. 2011).

De qualquer maneira, esse método permite a observação de texturas e elementos anormais, entre outras alterações não notáveis no exame clínico. Muitas vezes o carcinoma desponta como uma área densa grande e irregular na imagem de mamografia (Figura 5). Nódulos de menor densidade e de contornos mais definidos, por sua vez, estão mais inclinados à benignidade (MOORE; DALLEY; AGUR, 2019).

Figura 5 – Mamografia com nódulo provavelmente maligno



Achado alterado no quadrante inferior interno da mama esquerda, com suspeita de malignidade (BI-RADS 5), sob incidências (A) MLO e (B) CC. **Fonte:** Adaptado de MOURÃO; OLIVEIRA, (2018).

A deposição de cálcio nas mamas também é um parâmetro que deve ser analisado: as microcalcificações (calcificações com diâmetro menor que 0.5mm), quando isoladas ou muito dispersas indicam benignidade, assim como as calcificações maiores. No entanto, as microcalcificações em foco ou agrupadas levantam suspeita de malignidade, e quanto mais concentradas mais sugestivas. Apresentam-se como pontos hiperdensos/radiopacos na imagem mamográfica (MOURÃO; OLIVEIRA, 2018).

Todavia, apesar de ser o método de escolha, conta com algumas limitações e riscos: pacientes com idade inferior aos 40 anos, especialmente a juventude, possuem mamas radiologicamente densas, ou seja, há uma prevalência do tecido fibroglandular em comparação ao adiposo, esse fato diminui consideravelmente a sensibilidade do exame que, por vezes, deve ser repetido para eliminar possíveis chances de um resultado “falso positivo”. Esse aumento na frequência de exposição às radiações ionizantes traz um risco moderado na indução de um câncer (DA SILVA; DA SILVA, 2023).

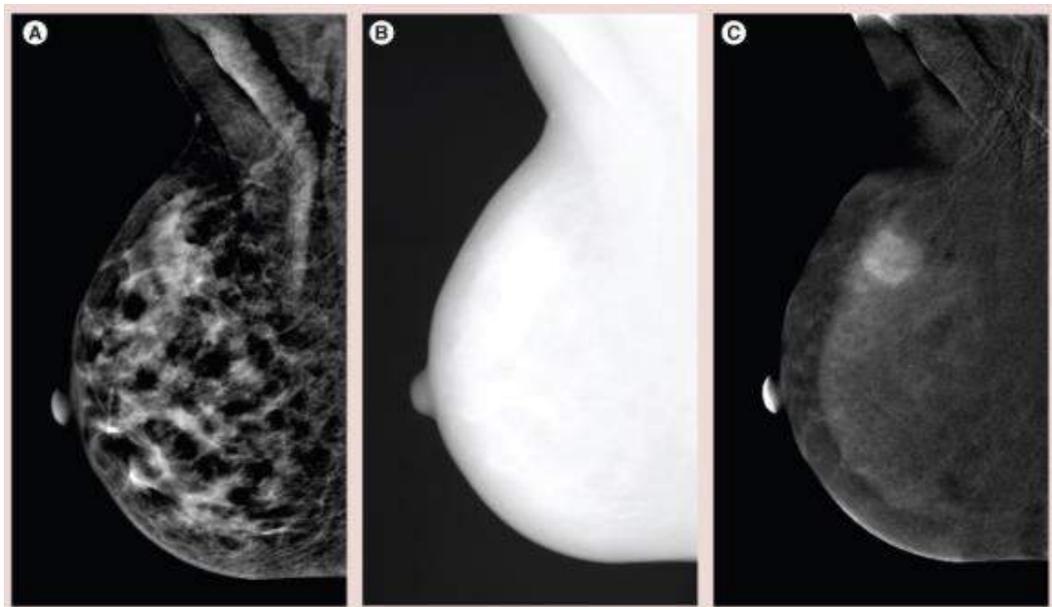
O tecido patológico pode assemelhar-se muito ao tecido fibroglandular, isso porque ambos são hiperdensos, portando aparência similar na imagem. Essa adversidade pode ser contornada mediante o emprego de técnicas e contrastes radiológicos na mamografia, além de outros exames de imagem complementares (MARIEB, 2014).

2.3.1.2 Mamografia contrastada

Os contrastes radiológicos são um artefato valioso na Imagenologia. Seu uso permite uma melhor visualização e diferenciação de órgãos que antes pareciam indistinguíveis nas imagens radiográficas devido a suas densidades semelhantes e proximidade (MARIEB, 2014). Na mamografia contrastada utiliza-se o iodo hidrossolúvel, contraste radiopaco administrado por via intravenosa. A vascularização proeminente dos tumores é evidenciada pelo acúmulo de iodo no local, destacando-se em claro (GOMES; TOMAL, 2024).

Essas substâncias, assim como os tecidos densos, são melhor evidenciadas nas irradiações de altas energias, não aplicadas na mamografia comum, mas que podem ser utilizadas na técnica de dupla-energia. Para tal, devem ser adquiridas duas imagens com níveis de exposição diferentes: uma com baixas energias, que valorizam o contraste entre os tecidos moles, e outra obtida com altas energias, destacando o iodo. Ambas devem ser combinadas e subtraídas no pós-processamento, com melhoria de contraste e nitidez na imagem final para realçar o carcinoma, quando presente (Figura 6) (GUIMARÃES et al. 2023; GOMES; TOMAL, 2024).

Figura 6 – Exemplo de mamografia contrastada de dupla-energia



(A) Aquisição com baixa energia, (B) Aquisição com alta energia e (C) Imagem final combinada.

Fonte: GUIMARÃES et al. (2023).

A redução da sobreposição de tecidos também pode ser alcançada pela técnica de subtração temporal. As imagens serão obtidas antes e depois da injeção e absorção do contraste sob uma mesma tensão kV para, então, serem combinadas. Pode não ser tão

vantajosa por exigir um tempo maior de compressão, o que o torna demorado e facilita o surgimento de artefatos pela movimentação do paciente (DROMAIN et al. 2012).

2.3.1.3 Tomossíntese digital mamária

É uma aplicação avançada da mamografia digital que fornece uma vista panorâmica da mama obtida pela mobilidade do tubo de raios-x, que se move em arco enquanto o detector com a mama compressa permanece estático. Desse modo, são adquiridos múltiplos cortes de 1 mm, posteriormente reconstruídos em uma imagem tridimensional com base na tecnologia digital tomográfica. A dose recebida pelo paciente mantém-se abaixo da margem estipulada para mamografia, pois a tomossíntese também utiliza baixas energias (BIASOLI JR, 2016).

Permite o deslocamento entre camadas do órgão, esclarecendo achados duvidosos ou lesões ocultas na mamografia e tornando o diagnóstico mais fidedigno. Contudo, não deve ser interpretada como tecnologia substituta do mamograma, mas sim complementar a ele (INCA, 2019). A comprovação de sua eficácia no rastreamento do CM é evidente: estima-se que amplie a taxa de detecção em até 50% enquanto reduz os índices de resultados falso-positivos e de reconvocação em 15% e 9-29%, respectivamente. Por isso, possui forte recomendação a favor e deve ser incorporada junto à mamografia no rastreio sempre que disponível (URBAN et al. 2023).

2.3.2 Ultrassonografia

A ultrassonografia (US) não está incluída na maioria das diretrizes internacionais como método de rastreio do câncer de mama, mas sim como adjunto ao mamograma na investigação diagnóstica de achados suspeitos. Serve de primeira escolha em circunstâncias especiais, como na gravidez, lactação, mulheres com mamas densas ou quando não for possível realizar a ressonância magnética (FERREIRA et al. 2021; VIEIRA et al. 2018).

Diferente da mamografia, a US não utiliza radiações ionizantes na sua execução. Ao invés disso, baseia-se na interpretação ecográfica: um transdutor móvel em contato com a pele emite ondas ultrassônicas, em pulso ou contínuas, que produzirão ecos ao rebaterem nas interfaces teciduais, permitindo ao transdutor converter essas ondas refletidas em sinais elétricos para formar uma escala cinza correspondente a amplitude do sinal. As imagens produzidas podem ser vistas em tempo real, depois armazenadas em vídeo ou imagem única. Tem alta sensibilidade e baixa especificidade (CALAS; KOCH; DUTRA, 2007; LIMA; ANDRÉ; SANTOS, 2013).

Aplicado na investigação diagnóstica de alterações suspeitas da mama, em destaque, para distinção de cistos complexos e nódulos, malignos ou benignos, através de sua capacidade de detectar as características específicas dos tecidos moles, ossos e líquidos corporais. Essa vantagem a permite identificar lesões adicionais, não percebidas no exame clínico ou mamográfico, em 14% das mulheres com mamas densas. Pode ser empregado também nas biópsias para orientar as agulhas de forma a induzir o mínimo de dano tecidual (MIGOWSKI et al. 2018; NASTRI; MARTINS; LENHARTE, 2011).

Para a análise de malignidade, a apresentação de um carcinoma em potencial deve corresponder a alguns critérios ecográficos, com destaque para o formato indefinido e margens não circunscritas (espiculadas, microlobuladas ou anguladas). Ecotextura de fundo heterogêneo e hipocogenicidade também são estudados (Figura 7). A ecotextura é um descritor da composição tissular, e quando heterogênea, implica irregularidade na densidade ou ecogenicidade. Essa, por sua vez, refere-se à densidade tecidual e a intensidade no ecoar dos feixes acústicos, sendo equivalente a radiodensidade na mamografia (PONTUAL et al. 2023).

Figura 7 – Nódulo ultrassonográfico com suspeita de malignidade

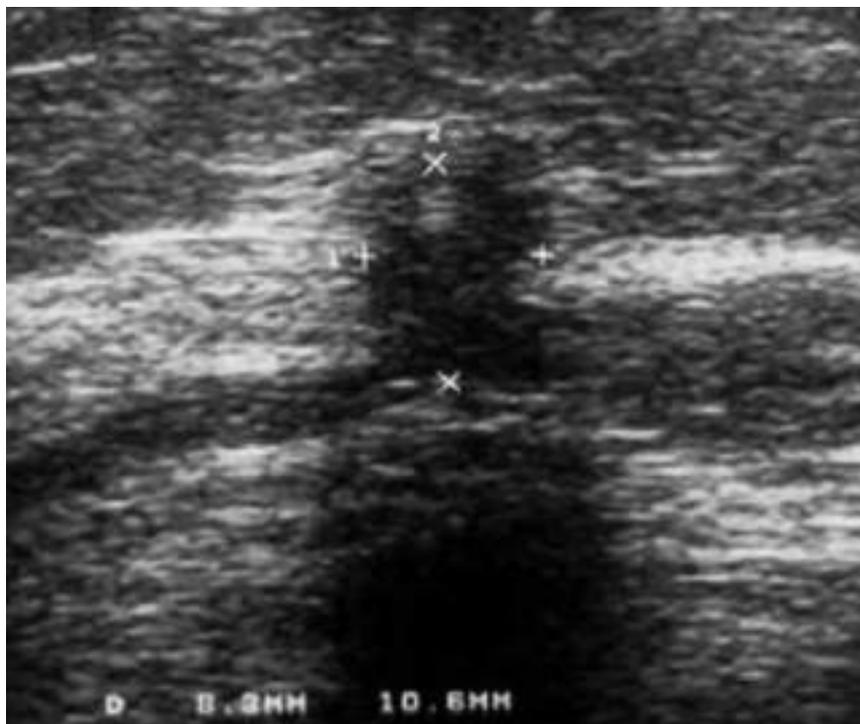


Imagem nodular medindo 8,3x10,6mm, localizado superiormente na mama esquerda, correspondente aos sinais ecográficos para malignidade, exceto eco posterior. **Fonte:** VIEIRA et al. (2018).

A interação com o meio produz não só os efeitos acústicos geradores da imagem, mas também pode originar artefatos. Originalmente, os artefatos são entendidos como mudanças indevidas na estrutura examinada causada por erros técnicos do operador, que acarretam em diagnósticos imprecisos. Entretanto, observa-se uma “tendência de erros” para determinadas patologias. A sombra acústica posterior é uma atenuação sonora decorrente da absorção parcial do feixe com frequência observada nos carcinomas (LIMA; ANDRÉ; SANTOS, 2013; PONTUAL, 2023).

Nesse sentido, a padronização dos achados ultrassonográficos pelo BI-RADS é de grande valia para a qualidade diagnóstica, uma vez que torna a análise mais objetiva e fundamentada em critérios pré-estabelecidos. O complemento da US traz a confirmação ou rejeição de suspeitas prévias, reduzindo consideravelmente o número de punções e biópsias realizadas em lesões benignas (VIEIRA et al. 2013).

É, por vezes, considerado mais acessível do que outros métodos de imagem, uma vez que serve a um leque de aplicações médicas, não sendo restrito à mastologia. Sua execução é simples e rápida, sem causar maiores desconfortos aos pacientes. Por essas e outras razões, é considerado extremamente útil como método complementar (CALAS; KOCH; DUTRA, 2007).

Mamas volumosas e lesões profundas podem limitar o desempenho do método. Sua maior desvantagem está relacionada ao fato de ser um exame operador-dependente, isso é, a experiência do examinador influencia diretamente na qualidade do resultado. Tais empasses podem ser superados pela adoção de técnicas (harmônica, efeito Doppler, US3D) e contrastes (microbolhas) ao ultrassom (NASTRI; MARTINS; LENHARTE, 2011).

Dentre essas técnicas, a elastografia é uma abordagem promissora, útil na manutenção da baixa especificidade da US convencional. Ao verificar o grau de deformação elástica tecidual por meio da compressão com o aparelho transdutor, possibilita a distinção de nódulos da mama. O tecido normal e os nódulos benignos tendem a se deformar mais do que os nódulos malignos, que são rígidos (NASTRI; MARTINS; LENHARTE, 2011; SILVA; TAUMATURGO, 2022).

2.3.3 Ressonância Nuclear Magnética

Assim como a US, a ressonância nuclear magnética (MRI) é uma técnica de imagem não invasiva, que pode produzir imagens anatômicas bi e tridimensionais a partir de ondas eletromagnéticas, permitindo ótima diferenciação tecidual. De ótima aplicação clínica, é

utilizada para detecção de uma gama de patologias, dentre elas, o câncer de mama (MOORE; DALLEY; AGUR, 2019).

O equipamento conta com um magneto, bobinas de gradiente e bobinas de radiofrequência envoltos por uma carcaça, além do painel de controle com computador acessório. No centro do magneto está localizada a mesa onde o paciente deve ser devidamente posicionado: para o estudo das mamas, o paciente fica debruçado sobre uma bobina de superfície ou local, receptora de sinais provenientes da glândula, axilas e parede torácica. Esse item deve ser utilizado para redução de interferências pela limitação de área, com melhor sensibilidade de sinal captado quando comparado às bobinas de corpo inteiro (COSTA et al. 2009).

O método baseia-se na leitura do Sinal de Indução Livre (SIL), emitido pelos íons livres de hidrogênio no corpo quando há uma deslocação de seus eixos. O hidrogênio é o átomo eleito pois cumpre alguns critérios: é o elemento mais abundante no organismo, composto por um único próton, detentor de um ótimo momento ou spin magnético, originário do movimento de rotação que realiza e superior ao de outros núcleos. Ademais, emitem sinais diferentes no tecido normal e patológico (OTADUY; LEITE, 2015; STANZANI, 2014).

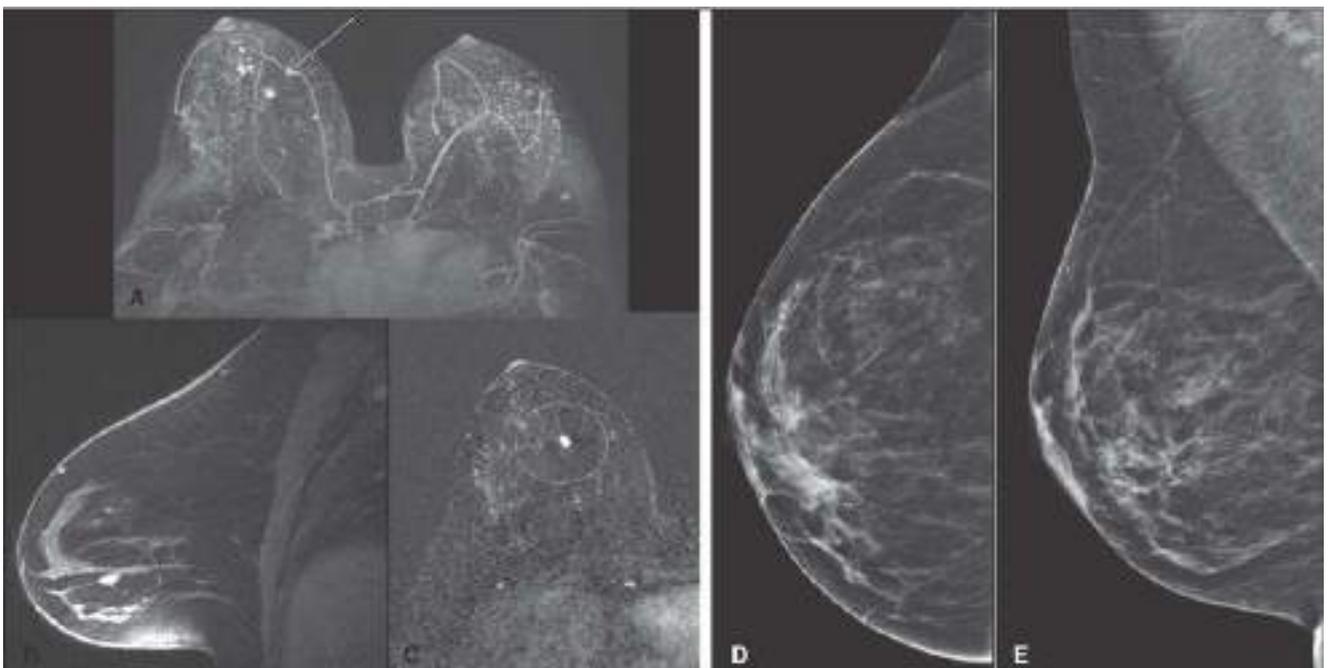
Entretanto, esses íons de hidrogênio estão distribuídos em direções aleatórias, o que anula seu magnetismo. Devem, então, se organizar. Para isso, são submetidos a um campo magnético induzido pelo magneto do equipamento de ressonância e alinham-se no mesmo plano de forma paralela ou anti-paralela, dependendo da sua energia. Observa-se também uma sutil oscilação nos spins desses prótons, denominado movimento de precessão cuja frequência giratória é proporcional à força do campo magnético. Os íons em sentidos opostos anulam sua magnetização, restando os vetores de magnetização efetiva (VME), íons paralelos em excesso que irão ser utilizados na composição da imagem (DIMENSTEIN et al. 2022; OTADUY; LEITE, 2015).

Para a captação de sinal elétrico, é preciso que a magnetização seja, em grande parte, transversal e que haja coerência de fase nos spins. Para tanto, são emitidos pulsos de radiofrequência de 90° que excitam os íons e ampliam o eixo de precessão para o plano transversal, bem como os sincroniza em fase momentaneamente. Quando o estímulo cessa, retornam gradualmente à posição inicial, recuperando sua magnetização longitudinal paralela ao campo magnético. Nesse momento, emitem pequenos sinais de energia mensuráveis (SIL), que são captados pela bobina de superfície e traduzidos em imagem ponto a ponto em uma matriz (HAGE; IWASAKI, 2009; STANZANI, 2014).

Essa percepção de sinais pode ser feita em dois momentos distintos, nos relaxamentos longitudinal (T1) e transversal (T2). O primeiro refere-se ao tempo de retorno da magnetização longitudinal enquanto o segundo descreve o declínio da magnetização transversal. As velocidades de retorno e perda variam entre os tecidos conforme suas propriedades moleculares, isso é, cada tecido apresenta tempos T1 e T2 distintos, o que colabora imensamente no contraste. O contraste final da imagem pode ser ponderado em qualquer uma dessas constantes de tempo: na imagem pesada em T1, tecidos com T1 longo emitem sinal menor (hipossinal) e aqueles com T1 curto tem mais sinal. Quando ponderadas em T2, os tecidos com T2 longo aparecem com hipersinal (aparência clara) enquanto aqueles com T2 curto apresentam hipossinal (aparência escura) (OTADUY; LEITE, 2015).

A MRI das mamas requer a injeção de contraste paramagnético, em geral gadolínio e derivados, cuja interação com os prótons nos tecidos faz acelerar seu relaxamento, reduzindo T1 e T2. Essa substância também realça a angiogênese dos tumores, já que se impregna com mais intensidade nas regiões malignas suspeitas (Figura 8), aprimorando a eficácia na distinção de lesões malignas e benignas, bem como suas dimensões (KAUFFMAN et al. 2021).

Figura 8- Vista comparativa de achados na MRI e na mamografia realizadas no mesmo paciente



(A – C) Vista da MRI com detecção de nódulo de 8mm no quadrante inferomedial da mama direita (seta e círculos), não demonstrado na mamografia (D, E), confirmado como carcinoma mamário invasivo após biópsia.

Fonte: ZOGHBI et al. (2024).

Apresenta alta sensibilidade e especificidade variável (30-90%) para o CM, com taxa de detecção maior que 90%, superando até mesmo as taxas da mamografia e ultrassonografia (FERREIRA et al. 2021). É um forte aliado aos métodos convencionais pois pode revelar lesões ocultas nesses e no exame físico. Entretanto, possui custo elevado de instalação e manutenção, o que limita sua disponibilidade (CHALA; BARROS, 2007).

Tal variação na especificidade pode corroborar na ocorrência de resultados falso-positivos. Esses, entretanto, podem estar relacionados ao ciclo menstrual da mulher, uma vez que o tecido mamário é suscetível a alterações hormonais. Para minimizar os defeitos na imagem, o exame deve ser realizado na primeira metade do ciclo. Os contrastes paramagnéticos também podem, por vezes, depositar-se nos tecidos mamários não-neoplásicos, gerando diagnósticos equivocados (KAUFFMAN et al. 2021).

Tendo em vista sua eficácia comprovada, esse método possui forte recomendação a favor (Categoria A) em se tratando de mulheres portadoras de mutação genética BRCA1, BRCA2 e/ou TP53 ou com forte história familiar de CM (risco maior ou igual a 20% ao longo da vida). Devem realizar o exame anual desde o diagnóstico contanto que tenham mais de 25 anos. Todavia, essa classificação não se reflete nas recomendações para rastreamento na população de risco habitual, tendo recomendação contrária (Categoria E) para esse fim, assim como a US (URBAN et al. 2023; ZOGHBI et al. 2024).

A MRI, apesar de inviável na rotina para a detecção do CM, é um artefato de extrema utilidade quando empregado na confirmação diagnóstica, avaliação da resposta ao tratamento quimioterápico e no rastreamento em mulheres jovens na categoria de alto risco, principalmente aquelas com histórico pessoal e familiar. Isso se deve em razão da alta sensibilidade do método, capaz de gerar imagens com bom contraste tecidual mesmo em mamas densas, como as que estão presentes nessa população (FERREIRA et al. 2021; RADECKA; LITWINIUK, 2016).

2.3.4 Biossegurança

A Radiologia permitiu a abertura de um novo horizonte para as técnicas de diagnóstico, agora indispensáveis na detecção de patologias como o CM. Mesmo com o advento de novas tecnologias de imagem que aprimoram seu uso tanto em quantidade quanto em qualidade, tornando-as mais acessíveis e seguras, seu risco ainda é notável. Por isso, faz-se necessária a aplicação de protocolos de biossegurança para reduzir ao máximo as exposições médica, ocupacional e de pacientes (BRAND; FONTANA; SANTOS, 2011; DA SILVA et al. 2023).

A Comissão Nacional de Energia Nuclear dispõe em sua norma CNEN-NE-3.01 sobre os requisitos básicos de radioproteção de pessoas e do meio ambiente às radiações ionizantes, bem como a segurança do profissional durante todo o processamento de fontes radiológicas e materiais radioativos, desde o seu manuseio até sua deposição. O documento estabelece limites para a quantidade de radiação ionizante que possam ser recebidas pelos trabalhadores (BRASIL, 2024). Quanto à mamografia, em específico, a ANVISA estabelece em sua Instrução Normativa nº 54, publicada em 20 de dezembro de 2019, critérios sanitários para a garantia da eficiência e segurança do exame; lista também componentes obrigatórios do mamógrafo e a periodicidade dos testes de qualidade (SARAU; JÚNIOR; POTIENS, 2020).

Os danos biológicos das radiações ionizantes são divididos em dois grupos. Quando a irradiação ocorre em um curto período de tempo e em doses elevadas, observamos os chamados efeitos determinísticos cuja principal consequência é a morte celular. A depender da sua escala e do tipo tecidual atingido, haverá provável disfunção de um órgão. Os efeitos estocásticos, por sua vez, são desencadeados após uma exposição prolongada, não dependente da intensidade da dose – isso porque sua severidade está ligada ao local da anomalia, o acúmulo de radiação só aumenta a probabilidade – e resumem-se a alterações celulares tais como neoplasias. Caso afete uma célula germinativa, efeitos hereditários poderão ocorrer (ALVES; CARDOSO, 2021; MOREIRA; DE ABREU, 2023).

Desse modo, a proteção radiológica deve visar a proteção dos indivíduos, técnicos ou pacientes, aos efeitos indesejados provenientes dessas radiações. A adoção de filtros e colimadores no equipamento busca impedir que o paciente receba doses excessivas de radiação secundária. Parede baritada e biombos são vitais na rotina imagiológica: a composição em chumbo prejudica a dispersão dos raios para o meio externo. Baseado nesse mesmo princípio, as vestimentas e óculos plumbíferos são EPIs que minimizam a dose recebida por quem os veste. Na mamografia, o paciente utiliza também protetores de tireoide, posicionados ao redor do pescoço. O dosímetro não evita a irradiação, mas monitora a quantidade de radiação recebida e é equipamento obrigatório (SARAU; JÚNIOR; POTIENS, 2020).

Apesar de seu princípio físico não se basear em radiações ionizantes, a MRI não está isenta de prováveis acidentes. Os maiores riscos estão associados ao campo magnético do equipamento e a atração de objetos ferromagnéticos. Fivelas, brincos, relógios, entre outros pequenos objetos que possam estar com o paciente devem ser retirados. O marca-passos é uma contraindicação da MRI, exceto aqueles com tecnologia adequada. O mesmo serve para próteses metálicas. O reforço da segurança para entrada na sala de exames, regulação e

manutenção do equipamento em dia e uma anamnese bem realizada são fundamentais para garantir um serviço seguro para paciente e técnico (DIMENSTEIN et al. 2022).

2.4 Atuação do Biomédico nos exames de imagem

De acordo com o Conselho Federal de Biomedicina, em sua resolução nº 234, de 5 de dezembro de 2013, o profissional biomédico habilitado nas áreas de imagenologia, radiologia, biofísica, instrumentação médica, suas áreas e respectivas funções no diagnóstico por imagem e terapia, possui capacitação para realizar todas as modalidades de exames de imagem, incluindo Tomografia computadorizada, Medicina nuclear, Radioterapia, MRI, US e radiologia médica, excluída a interpretação e assinatura de laudos (CFBM, 2013).

Entre as áreas de maior destaque, estão a indústria e operação de equipamentos, desenvolvimento de novas técnicas, pesquisa e de protocolos de estudo, gerenciamento de sistemas de armazenamento de imagens médicas de diagnóstico, aplicação de produtos para clientes, entre outros (CFBM, 2020).

Dessa forma, o biomédico especializado no segmento de imagem tem a possibilidade de realizar exames de rotina e adjuntos para rastreamento e detecção do carcinoma mamário, incluídos a mamografia, a US e a MRI. O profissional desempenha, nesse sentido, papel crucial no cuidado e na saúde de mulheres acometidas por essa neoplasia, a qual pode ser diagnosticada precocemente por meio desses métodos imaginológicos, no momento em que há menor comprometimento tecidual e melhor prognóstico (MILA; DE MELO; FERREIRA, 2021).

Entretanto, ainda persistem algumas limitações à atuação biomédica no campo da imagenologia. O segmento da US, por exemplo, é pouco explorado por ser um exame operador-dependente, isto é, deve ser executado e laudado pelo mesmo profissional. Um biomédico não possui licença para tal, por isso, em ordem de exercer esse cargo, o exame prático deve ser observado por um médico radiologista, a quem fica restrito a emissão de laudos (CFBM, 2020).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O câncer de mama é uma doença heterogênea e multifatorial, ligada a mutações genéticas, exposição radiológica e hábitos. É estabelecido como o tipo de câncer mais prevalente em todo o mundo e o mais letal na população feminina. O diagnóstico precoce permite um melhor prognóstico e expectativa de sobrevida maior associados a alternativas terapêuticas mais amplas, já que detecta o tumor ainda em fases iniciais.

Com esse objetivo, os exames de imagem são uma das abordagens recomendadas para o rastreamento do câncer nas populações assintomáticas e para o diagnóstico precoce, sendo capazes de detectar lesões não perceptíveis no autoexame e exame clínico. A mamografia é estabelecida como padrão-ouro na mastologia. Entretanto, possui algumas desvantagens relacionadas ao uso de radiações ionizantes e a redução considerável de sensibilidade nas mamas densas. Nesse quesito, exames de imagem avulsos podem ser aplicados na investigação diagnóstica, com destaque para a ultrassonografia e a ressonância magnética.

Ambos os métodos demonstraram eficácia no auxílio ao diagnóstico, cada qual com benefícios específicos. A US permite a distinção de cistos complexos e nódulos, especialmente aplicada em mulheres jovens ou em situações especiais como a gestação. A tecnologia da MRI associada ao uso de contraste paramagnético propicia alta distinção tecidual, vantajosa na caracterização de lesões malignas e benignas da mama. Devem ser, entretanto, complementares à mamografia, possuindo fraca recomendação como métodos de rastreio na população de risco habitual.

A Imagenologia, área que compreende as modalidades de imagem, é um possível segmento para o biomédico, onde assume papel crucial na saúde de mulheres por via acometidas pelo câncer mamário ao executar os exames abordados, considerados pontos-chave para a redução da morbimortalidade da patologia através de seu diagnóstico precoce.

REFERÊNCIAS

- AKRAM, M. et al. Awareness and current knowledge of breast cancer. *Biol Res.* 2017 Oct 2;50(1):33. doi: 10.1186/s40659-017-0140-9. PMID: 28969709; PMCID: PMC5625777.
- ALVES, C. S. O.; CARDOSO, I. A. Desempenho dos profissionais da saúde no curso de Proteção Radiológica em um ambiente virtual de aprendizagem. 2021.
- ALVES DE ALMEIDA, H. et al. Epidemiologia da mortalidade de câncer de mama maligno em ambiente hospitalar no Brasil em 2021. **Revista em Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v.16, n.6, 2023.
- BERNARDES, A. Anatomia da mama feminina. **Manual de Ginecologia**, v. 2, n. 12, p. 12-24, 2011.
- BIASOLI JR., A. Técnicas radiográficas. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Rubio Ltda, 2016.
- BI-RADS® Atlas – Reporting System. Disponível em: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/BI-RADS/Mammography-Reporting.pdf>. 2013. Acesso em: 01 nov. 2023.
- BONILLA, J. A. M.; TABANERA, M. T.; MENDOZA, L. H. R. Breast cancer in the 21st century: from early detection to new therapies. *Radiologia.* 2017 Sep-Oct;59(5):368-379. English, Spanish. doi: 10.1016/j.rx.2017.06.003. Epub 2017 Jul 14. PMID: 28712528.
- BRAND, C. I.; FONTANA, R. T.; SANTOS, A. V. A saúde do trabalhador em radiologia: algumas considerações. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 20, p. 68-75, 2011.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia (BR). Programa de integração Comissão Nacional de Energia Nuclear: módulo de informação técnica [online]. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-3/NormaCNENNN3.01.pdf>. Acesso em: 23 maio de 2024.
- CALAS, M. J. G.; KOCH, H. A.; DUTRA, M. V. P. Ultra-sonografia mamária: avaliação dos critérios ecográficos na diferenciação das lesões mamárias. **Radiologia Brasileira**, v. 40, p. 1-7, 2007.
- CÂNDIDO, C. et al. A carcinogênese e o câncer de mama. **Maiêutica-Ciências Biológicas**, v. 4, n. 1, 2016.
- CHALA, L. F.; BARROS, N. Avaliação das mamas com métodos de imagem. **Radiologia Brasileira**, v. 1, n. 40, p. 4-6, 2007.
- CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA (CFBM - Brasil). Área de atuação: Imagenologia. 2020. Disponível em: <https://cfbm.gov.br/profissionais/area-de-atuacao/#:~:text=Compete%20ao%20Biom%C3%A9dico&text=Realizar%20coleta%20de%20materiais%2C%20an%C3%A1lise,laudos%20e%20de%20pareceres%20t%C3%A9cnicos>. Acesso em: 7 nov. 2023.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA (CFBM - Brasil). Resolução nº234, de 05 de dezembro de 2013. Dispõe sobre as atribuições do biomédico habilitado na área de imagenologia, radiologia, biofísica, instrumentação médica que compõe o diagnóstico por imagem e terapia. Disponível em: <http://cfbm.gov.br/wp-content/uploads/2016/06/Res-2013-234.pdf>. Acesso em: 5 set. 2023.

COSTA, A. M. D. et al. Bobinas de radiofrequência em estudos mamários por ressonância magnética: modelos e qualidade de imagem. **Saúde & Tecnologia**, p. 16-27, 2009.

DA CRUZ, I. L. et al. Câncer de Mama em mulheres no Brasil: epidemiologia, fisiopatologia, diagnóstico e tratamento: uma revisão narrativa. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 2, p. 7579-7589, 2023.

DA SILVA, A. I. F. et al. Mamografia Digital no rastreio e diagnóstico do câncer de mama. **Revista Acadêmica Saúde e Educação FALOG**, v. 1, n. 01, 2023.

DA SILVA, E.; DA SILVA, R. S. A Atenção Primária no rastreamento do câncer de mama em mulheres brasileiras: O realce da proteção radiológica durante o exame de mamografia. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 10, p. e54121043384-e54121043384, 2023.

DA SILVA, R. S.; GUIMARÃES, S. J. T. ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DE NEOPLASIAS MAMÁRIAS LIGADAS A MUTAÇÕES DOS SUPRESSORES TUMORAIS BRCA1 E BRCA2: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. 2023.

DE BROT, M. Patologia Mamária. In: LEITE, K. R. M.; COSTA, F. D. (Org.). Livro Patologia Geral. 2022. Disponível em: <https://www.sbp.org.br/livro-patologia-geral-capitulo-08-patologia-mamaria/>. Acesso em: 01 nov. 2023.

DIMENSTEIN, R. et al. Bases físicas e tecnológicas em diagnóstico por imagem. **Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem**. 2022.

DO VAL, F. L. **Manual de técnica radiográfica**. Editora Manole Ltda, 2006.edit

DRAKE, R. L.; VOGL, A. W.; MITCHELL, A. W. M. Gray's anatomia clínica para estudantes. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

DROMAIN, C. et al. Dual-energy contrast-enhanced digital mammography: initial clinical results of a multireader, multicase study. *Breast Cancer Res* **14**, R94 <https://doi.org/10.1186/bcr3210>. 2012.

FERREIRA, S. S. et al. Indicações de exames de ressonância magnética das mamas em um centro de referência no diagnóstico e tratamento de câncer de mama no Brasil. **Radiologia Brasileira**, v. 54, p. 83-86, 2021.

FREDERICO, F. F.; PUENTES, N. C.; FELZENER, M. C. M. Revisão narrativa: realização da biópsia com coloração do linfonodo sentinela e sua utilidade para detecção de linfonodos axilares tumorais no câncer de mama. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 7, n. 2, p. e68281-e68281, 2024.

GOMES, M. H. S.; TOMAL, A. Avaliação da melhoria da qualidade das imagens de dupla-energia em mamografia realçada por contraste. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 18, p. 759-759, 2024.

GUIMARÃES, G. C. et al. Mamografia Digital Contrastada de Dupla Energia: uma análise comparativa com os demais métodos de diagnóstico. 2023.

HAGE, M. C. F. N. S.; IWASAKI, M. Imagem por ressonância magnética: princípios básicos. *Ciência Rural*, 39(4), 1275-1283. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000041>. 2009. 2009.

IARED, W. et al. Avaliação comparativa entre a mamografia digital e mamografia em filme: revisão sistemática e metanálise. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 129, p. 250-260, 2011.

INCA. Atlas on-line de mortalidade. [Rio de Janeiro: INCA, 2021]. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/MortalidadeWeb>. Acesso em: 3 set. 2023.

INCA. Atualização em Mamografia para técnicos em radiologia. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro: INCA, 2019.

INCA. **Estimativa 2023**: Incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//estimativa-2023.pdf>. Acesso em: 3 set. 2023.

INCA. Como surge o Câncer? Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/como-surge-o-cancer>. Acesso em: 28 out. 2023.

KAUFFMAN, G. et al. Importância da utilização de ressonância magnética no auxílio ao diagnóstico do câncer de mama: uma revisão sistemática. **Revista Destaques Acadêmicos**. Lajeado, v. 13, n. 3, 2021. ISSN 2176-3070 DOI: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v13i3a2021.2905>.

LIMA, J. L. S.; ANDRÉ, A.; SANTOS, A. C. Reprodução e estudos de artefatos no ultrassom. **Revista Brasileira de Física Médica**. 2013.

LIMA, K. A. et al. Avaliação das propriedades imunoreguladoras de genes supressores de tumor. 2020.

MARIEB, E. N.; WILHELM, P. B.; MALLATT, J. Anatomia humana. Tradução de Livia Cais, Maria Silene de Oliveira, Luiz Cláudio Queiroz. Revisão de João Lachat, José Thomazini, Edson Liberti. 7. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014. M334a, il. ISBN 9788543001098. p. 799-808.

MATOS, S. E. M.; RABELO, M. R. G.; PEIXOTO, M. C. Análise epidemiológica do câncer de mama no Brasil: 2015 a 2020. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 13320-13330, 2021.

MIGOWSKI, A. et al. Diretrizes para detecção precoce do câncer de mama no Brasil. II - Novas recomendações nacionais, principais evidências e controvérsias. **Cadernos de Saúde Pública** [online]. 2018, v. 34, n. 6 [Acessado 31 Agosto 2023] , e00074817.

MILA, C. S. G.; DE MELO, A. E.; FERREIRA, V. Outubro Rosa: Contribuição do biomédico no diagnóstico e prevenção do câncer de mama. *In: Forum Rondoniense de Pesquisa*. 2021.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. Anatomia Orientada para a Clínica. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2019. p. 153-157.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. Anatomia Orientada para a Clínica. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2019. p. 529-540.

MOREIRA, F.; DE ABREU, R. Os Raios-X, de Röntgen ao hospital: uma abordagem histórica sobre a Física aplicada aos exames radiológicos. **Entre caminhos: reflexões sobre educação, arte, ciência e**, p. 17, 2023.

MOURÃO, A. P.; DE OLIVEIRA, F. A. **Fundamentos de radiologia e imagem**. Difusão Editora, 2018.

NASTRI, C. O.; MARTINS, W. P.; LENHARTE, R. J. Ultrassonografia no rastreamento do câncer de mama. **Femina**, p. 97-102, 2011.

OLIVEIRA, A. L. R. et al. Fatores de risco e prevenção do câncer de mama. **Cadernos da Medicina-UNIFESO**, v. 2, n. 3, 2019.

ÓRFÃO, A.; GOUVEIA, C. Apontamentos de anatomia e fisiologia da lactação. **Revista Portuguesa de Medicina Geral e Familiar**, v. 25, n. 3, p. 347-54, 2009.

OTADUY, M. G.; LEITE, C. C. Princípios físicos da Ressonância Magnética (RM). Universidade de São Paulo- USP, 2015.

PONTUAL, M. V. N. et al. Ultrassonografia mamária: concordância entre exames realizados externamente e dentro de um centro especializado em radiologia mamária: Artigo original-e2023002-Publicado 26 de setembro de 2023. **JODI**, v. 1, n. 1, p. e2023002-e2023002, 2023.

RADECKA, B.; LITWINIUK, M. Breast cancer in young women. **Ginekologia Polska**. doi: 10.5603/GP.2016.0062. PMID: 27723074. 2016.

RAMALHO, E. A. V. F. Avaliação de alterações nos genes p53, BRCA1 em Carcinoma Ductal Invasivo de Mama (CDI). 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/10853/1/Eduardo%20Ramalho.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

RODRIGUES, J. D.; CRUZ, M. S.; PAIXÃO, A. N. Uma análise da prevenção do câncer de mama no Brasil. **Ciência & saúde coletiva**, v. 20, p. 3163-3176, 2015.

ROVEDA JUNIOR, D., et al. Valores Preditivos Das Categorias 3, 4 E 5 Do Sistema BI-RADS Em Lesões Mamárias Nodulares Não-palpáveis Avaliadas Por Mamografia, Ultrasonografia E Ressonância Magnética. *Radiologia Brasileira*, vol. 40, no. 2, Publicação do **Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem**. 2007, pp. 93–98, doi:10.1590/S0100-39842007000200006.

SANTOS, M. O. et al. Estimativa de Incidência de Câncer no Brasil, 2023-2025. **Revista Brasileira de Cancerologia**, [S. l.], v. 69, n. 1, p. e–213700, 2023. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2023v69n1.3700. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/3700>. Acesso em: 16 maio. 2024.

SANTOS, T. B. et al. Prevalência e fatores associados ao diagnóstico de câncer de mama em estágio avançado. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, p. 471-482, 2022.

SARAU, S. T.; JÚNIOR, O. R.; POTIENS, M. P. A. Instrução Normativa nº 54 da ANVISA e a importância dos testes de aceitação e controle de qualidade em serviços mamográficos. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN - SP), 2020.

SARTORI, A. C. N.; BASSO, C. S. Câncer de mama: uma breve revisão de literatura. **Perspectiva, Erechim**, v. 43, p. 161, 2019.

SCHRÖDER, E. T.; ZANIN, E. M. Anatomia e superfície da mama. 2021.

SILVA, G. R. P. et al. Tendência da taxa de mortalidade por câncer de mama em mulheres com 20 anos ou mais no Brasil, 2005-2019. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 29, p. e01712023, 2024.

SILVA, R. L. A. Oncogenes e genes supressores de tumor. *In: Oncologia para a graduação*. 2013. p. 112-121.

SILVA, S. E. A.; TAUMATURGO, I. C. B. Aplicabilidade do método de elastografia na ultrasonografia mamária em diferenciação de nódulos mamários. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 41856-41866, 2022.

SOUZA, A. V.; NUNES, P. F. Controle de qualidade em mamografia digital. 2021.

STANZANI, S. L. Ressonância magnética e sequência SWI. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado – Ciências Biomédicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

SUNG et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2021; 71: 209-249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>

TEIXEIRA, D. A. Patologia Geral. Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni – UNIPAC. p.53-56. 2020.

TEIXEIRA, R. F. S.; TAVARES, J. M. R. S. Distinção entre incidências numa mamografia. *In: Livro de Resumos: 5º Congresso Nacional de Biomecânica*. 2013.

URBAN, L. A. B. D. et al. Recomendações do Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, da Sociedade Brasileira de Mastologia e da Federação Brasileira das Associações de Ginecologia e Obstetrícia para o rastreamento do câncer de mama no Brasil. **Radiologia Brasileira**, v. 56, p. 207-214, 2023.

VIDEIRA, R. S. et al. Oncogenes e desenvolvimento do câncer. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 6, n. 1, 2002.

VIEIRA, W. L. et al. A importância da Ultrassonografia no Câncer de Mama. **MARÇO DE 2018 24ª EDIÇÃO**, p. 41, 2018.

WORLD CANCER RESEARCH FUND; AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH. Diet, nutrition, physical activity and breast cancer. 2017. London: WCRF, 2018. Disponível em: <https://www.wcrf.org/wp-content/uploads/2021/02/Breast-cancer-report.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2024.

WHO. World Health Organization. **Breast Cancer**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>. Acesso em: 2 set. 2023.

YILMAZ, M. et al. Cancer-Related Stigma and Depression in Cancer Patients in A Middle-Income Country. **Asia-Pacific journal of oncology nursing**. vol. 7,1 95-102, doi:10.4103/apjon.apjon_45_19. 2019.

ZHANG, Y. et al. Review of Breast Cancer Pathological Image Processing. *Biomed Res Int*. 2021 Sep 20;2021:1994764. doi: 10.1155/2021/1994764. PMID: 34595234; PMCID: PMC8478535.

ZOGHBI, K. K. et al. Análise das indicações e resultados da ressonância magnética para rastreamento de câncer de mama em um centro oncológico brasileiro. **Radiologia Brasileira**, v. 57, p. e20230111en, 2024.