

MINISTÉRIO DA SAÚDE
Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde
Departamento de Gestão da Educação na Saúde

CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM
MAMOGRAFIA

PARA TÉCNICOS E TECNÓLOGOS EM RADIOLOGIA



Brasília – DF
2014

© 2014 Ministério da Saúde.



Esta obra é disponibilizada nos termos da Licença Creative Commons – Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença 4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.

A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde: <www.saude.gov.br/bvs>.

Tiragem: 1ª edição – 2014 – 190 exemplares

Elaboração, distribuição e informações

MINISTÉRIO DA SAÚDE
Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde
Departamento de Gestão da Educação na Saúde
Esplanada dos Ministérios, bloco G, sala 722
CEP: 70058-900 – Brasília/DF
Tel.: (61) 3315-2848
Site: www.saude.gov.br/sgtes

Coordenação

Aldiney José Doreto
Mônica Sampaio de Carvalho
Mozart Sales

Elaboração

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri
Tania Aparecida Correa Furquim

Colaboração

Ana Daniela Rezende
Bruna da Silva Ferreira

Projeto gráfico, capa e diagramação

Dino Vinicius Ferreira de Araujo

Ilustração

Dino Vinicius Ferreira de Araujo
Deisy Brigid De Zorzi Dalke

Editora responsável:

MINISTÉRIO DA SAÚDE
Secretaria-Executiva
Subsecretaria de Assuntos Administrativos
Coordenação-Geral de Documentação e Informação
Coordenação de Gestão Editorial
SIA, Trecho 4, lotes 540/610
CEP: 71200-040 – Brasília/DF
Tels.: (61) 3315-7790 / 3315-7794
Fax: (61) 3233-9558
Site: <http://editora.saude.gov.br>
E-mail: editora.ms@saude.gov.br

Normalização

Delano de Aquino Silva

Revisão

Khamila Silva e Eveline de Assis

Impresso no Brasil / *Printed in Brazil*

Ficha Catalográfica

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão da Educação na Saúde.

Curso de atualização em mamografia para técnicos e tecnólogos em radiologia / Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde, Departamento de Gestão da Educação na Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2014.

186 p. : il.

ISBN 978-85-334-2050-2

1. Mamografia. 2. Câncer de mama. 3. Radiologia. 4. Cursos. I. Título.

CDU 615.849:618.19-006

Catálogo na fonte – Coordenação-Geral de Documentação e Informação – Editora MS – OS 2014/0258

Títulos para indexação

Em inglês: Update course in mammography for technicians and technologists in radiology

Em espanhol: Curso de actualización en mamografía para técnicos y tecnólogos en radiología

Sumário

Apresentação	5
1 Contexto Histórico do Câncer de Mama	7
<i>Tânia Aparecida Correia Furquim</i>	
2 Situação Epidemiológica do Câncer de Mama	11
<i>Tânia Aparecida Correia Furquim</i>	
3 Políticas Públicas Direcionadas ao Controle do Câncer de Mama	17
<i>Tânia Aparecida Correia Furquim</i>	
4 Abordagem Morfofuncional da Mama	29
<i>Neysa Aparecida Tinoco Regattieri</i>	
5 Câncer de Mama	53
<i>Neysa Aparecida Tinoco Regattieri</i>	
6 Propriedades Físicas dos Tecidos da Mama	61
<i>Tânia Aparecida Correia Furquim</i>	
7 O Equipamento Mamográfico	67
<i>Tânia Aparecida Correia Furquim</i>	
8 O Exame de Mamografia: abordagem da usuária, posicionamentos e incidências	93
<i>Neysa Aparecida Tinoco Regattieri</i>	
9 Achados de Imagem no Exame de Mamografia	113
<i>Neysa Aparecida Tinoco Regattieri</i>	
10 Programas de Garantia de Qualidade em Mamografia	143
<i>Tânia Aparecida Correia Furquim</i>	
11 Proteção Radiológica em Serviços de Mamografia	177
<i>Tânia Aparecida Correia Furquim</i>	



Apresentação

A Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde (SGTES) do Ministério da Saúde (MS), por meio da Coordenação-Geral de Ações Técnicas em Educação na Saúde do Departamento de Gestão da Educação na Saúde (DEGES) desenvolve políticas e programas com o propósito de ordenar recursos humanos para a Saúde, como determina o art. 200 da Constituição Federal. Neste sentido, objetiva:

- Contribuir para a adequada formação, alocação e qualificação dos profissionais, bem como a valorização e a democratização das relações do trabalho;
- Ampliar as oportunidades de formação profissional e de qualificação técnica para trabalhadores de nível médio, tendo como propósito a qualidade das Redes de Atenção à Saúde do SUS;
- Consolidar, nos planos político, pedagógico e administrativo, as Escolas Técnicas do SUS (ETSUS).

A efetivação dos objetivos do Programa de Formação de Profissionais de Nível Médio para a Saúde (Profaps) implica a definição de diretrizes e prioridades para a área de formação profissional e de qualificação técnica com foco nos trabalhadores de nível médio do Sistema Único de Saúde.

Nessa linha, a SGTES/DEGES investiu na aquisição e produção de recursos e material didático específico para os cursos de formação profissional técnica, prioritários no Profaps e que estão sendo desenvolvidos pelas escolas técnicas do SUS.

Esse material foi desenvolvido com o objetivo de apoiar o processo de formação, aperfeiçoamento e especialização do técnico em radiologia inserido no processo de trabalho do Sistema Único de Saúde, realizado pelas Escolas Técnicas do SUS (ETSUS).

A concepção desse material foi feita tendo por base as **Diretrizes e Orientações para a Formação do Técnico em Radiologia**, do Ministério da Saúde, Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde, Departamento de Gestão da Educação na Saúde e Coordenação-Geral de Ações Técnicas em Educação na Saúde em relação ao Eixo Estruturante II – Bases científicas e tecnológicas para o trabalho em radiologia, voltadas para o diagnóstico e a terapêutica.

Está estruturado por modalidades de diagnóstico por imagem, buscando o alcance das competências:



“**Competência 4** – Realizar exames de diagnóstico por imagem, garantindo sua qualidade com o mínimo de risco para o usuário, o profissional, a equipe e o meio ambiente.”

“**Competência 5** – Participar em equipe do planejamento e da realização dos procedimentos terapêuticos, relacionando-os às suas finalidades, efeitos e riscos, aplicando medidas de proteção radiológica voltadas para o usuário, o profissional, a equipe e o meio ambiente.”

“**Competência 6** – Realizar ações no programa de garantia e controle de qualidade nos serviços de diagnóstico por imagem e terapia.”

Este livro trata do Contexto histórico do Câncer de Mama, da Situação Epidemiológica do Câncer de Mama, das Políticas Públicas Direcionadas ao Controle do Câncer de Mama, das questões referentes à abordagem Morfofuncional da Mama, do Câncer de Mama e das Propriedades Físicas dos Tecidos da Mama. Ademais, o livro apresenta outros capítulos mais específicos sobre aspectos relacionados ao Equipamento Mamográfico, do Exame de Mamografia: abordagem da usuária, posicionamentos e incidências; dos Achados de Imagem no Exame de Mamografia, dos Programas de Garantia de Qualidade em Mamografia. E, por fim, sobre a Proteção radiológica em serviços de mamografia.

Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde



1 Contexto Histórico do Câncer de Mama

Tânia Aparecida Correia Furquim*

Evolução Histórica do Diagnóstico de Enfermidades da Mama

O arquivo médico mais remoto sobre enfermidades da mama provém do Egito Antigo: o papiro de Edwing Smith^{1,2,3} (1600 a.C.) encontrado em Tebas (hoje Karnak e Luxor) em 1862. Trata-se de um rolo de cerca de cinco metros, intitulado Instruções sobre tumores da mama. O documento apresenta informações sobre conteúdo cirúrgico e detalhes das afecções cirúrgicas e tumorações: uma mama com tumoração quente ao tato era um caso que não tinha tratamento. Os demais problemas eram tratados queimando-se a lesão com fogo ou extirpando-se a mama utilizando instrumentos cortantes.

Vários estudiosos da Antiguidade mostraram interesse na enfermidade e descreveram, conforme sua época e sua observação permitiam, os avanços na detecção e no tratamento do câncer de mama (CM), conforme a Tabela 1.

A cirurgia mamária tornou-se mais tolerante quando William Morton, no século XIX, introduziu a anestesia, em 1846, e Joseph Lister, os princípios da antisepsia, em 1867. Mas, foi William Steward Halsted (1852 – 1922), o primeiro que se apoiou em um fundamento científico e finalmente desenvolveu a técnica cirúrgica que se baseava em: uma ampla excisão da pele, extirpação do músculo peitoral principal, dissecação axilar, extirpação em bloco de todos os tecidos com uma ampla margem.

Os métodos cirúrgicos utilizados eram bárbaros comparados aos atuais, o que sensibilizou os artistas renascentistas. Rafael Sanzio representou na obra La

* Física Médica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Doutora em Tecnologia Nuclear – Aplicações (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – SP), mestre em Biofísica (Instituto de Física da USP), especialista em Radiologia Diagnóstica (Associação Brasileira de Física Médica).



Fornarina⁴, pintada entre 1518 e 1519, a sua amante e modelo Marguerita Luti, mostrando sinais compatíveis com o diagnóstico de CM avançado. Talvez essa seja a mais antiga imagem da enfermidade. Também Peter Paul Rubens, em *The Tree Graces*, de 1636, retrata a enfermidade na modelo da direita da pintura. Segundo o chefe de Oncologia Médica no *Hospital Clinic de Barcelona*, Juan José Grau, nesta pintura há: “[...] além de um sinal direto (um tumor na mama esquerda), a filha de Zeus apresenta outros sinais indiretos como avermelhamento, retração do mamilo e diminuição da mama, assim como pregas na axila, indício de que o câncer afetava os gânglios”

Quadro 1

Contribuições de estudiosos da Antiguidade ao diagnóstico de enfermidades da mama

Heródoto (século V a.C.):	Descreveu a enfermidade da mama da princesa Atossa, na Grécia Clássica, evidenciando o diagnóstico tardio e a ausência de tratamento ^{2,5}
Hipócrates de Cós (460 – 377 a.C.):	Descreveu algumas manifestações clínicas sugestivas de CM agressivo, em estádios terminais, mencionando a presença de Karquinos ou Karquinoma. Relacionava seu aparecimento com a cessação da menstruação, dizendo que não se deveria tratar porque aceleraria a morte da mulher ²⁻⁶ .
Leonides de Alexandria (200 d.C):	Médico do período greco-romano, santificado pela Igreja Católica, efetuou a primeira extirpação cirúrgica da mama, a partir de uma incisão da pele em uma região sã da mesma, seguida de cauterização para evitar hemorragia; o processo era repetido até a retirada completa do órgão ^{2,7} .
Galeno (131 – 201 d.C):	Descreveu o CM como uma dilatação venosa parecida com a forma das patas de um caranguejo. Acreditava que o acúmulo de “bílis negro” deveria ser retirado por sangria. Afirmava que o processo era curável uma vez que se tratasse em estágio inicial, devendo então passar por uma cirurgia para retirar o tumor e todas suas ramificações (acreditava que estas eram veias dilatadas com bÍlis doentia). Percebeu que a maior frequência ocorria após a menopausa e descreveu a primeira evidência da influência dos estrógenos em relação à etiologia da doença ^{2,5} .
Andrés Versalio (1514 – 1564):	Anatomista belga, grande especialista em dissecação, efetuou excisões mamárias utilizando ligaduras em lugar das cauterizações, rompendo a tradição de Galeno. Publicou em 1543 a obra <i>De humanis corporis fabrica</i> , marcando o início da anatomia moderna ^{1,3} .
Ambrósio Paré (1510 – 1590):	Cirurgião francês de quatro reis, afirmou que os cânceres superficiais deveriam ser retirados, mas se opunha aos horrores das mutilações da mama e empregava as ligaduras. Reconheceu a relação entre o CM e a extensão axilar ganglionar da enfermidade ^{2,4} .

Fonte: Autoria própria.

Outra representação artística famosa do CM foi a de Harmensz Rembrandt van Rijn, da modelo Hendry Stofels, sua segunda esposa, na obra *Bathsheba*, de 1654, que sugere características físicas de um tumor desenvolvido na mama esquerda⁸. Na escultura *La Notte*, de 1524 – 1531, de Michelangelo Buonarroti⁹, fica caracterizada a tristeza e a dor de uma mulher que possivelmente apresenta a enfermidade.



Referências

- ¹ EGIPTO MAGICO. **El papiro Ewin Smith**. Disponível em: <<http://historiadelamedicina.org/blog/2008/04/21/el-papiro-de-edwin-smith>>. Acesso em: 10 jul. 2013.
- ² LAZCANO-PONCE, E. C. et al. Câncer de mama: un hilo conductor histórico, presente y futuro. **Salud Publica de Mexico**, México, v. 38, p. 139-152, 1996.
- ³ BROWN, A. J. Notes on the history of cancer. **Victorian Cancer News**, Melbourne, 1983.
- ⁴ ESPÍÑO, I. Rafael retrato el tumor de su amante. **El Mundo**, Madri, n. 511, 25 jan. 2003. Arte y Medicina. Disponível em: <<http://www.el-mundo.es/salud/2003/511/1043431173.html>>. Acesso em: 19 set. 2011.
- ⁵ RUIZ, J. M. **Historia del tratamiento del cáncer de mama**. Disponível em: <<http://www.cirugest.com/htm/revisiones/cir09-06/09-06-04.htm>> Acesso em: 10 jul. 2013.
- ⁶ KARPOZILOS, A.; PAVLIDIS, N. The treatment of cancer in Greek antiquity. **European Journal of Cancer**, New York , v. 40, p. 2033-2040, 2004.
- ⁷ ORTHODOX CHURCH IN AMERICA. **Feasts and saints of the Orthodox Church**. Disponível em: <<http://oca.org/saints/lives/2013/04/16/101109-martyr-leonidas-of-corinth>> Acesso em: 10 jul. 2013.
- ⁸ WENTZ, G.; PARSONS, W. C. **Mammography for radiologic technologists**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1997.
- ⁹ IMAGINIS. Doctor says Michelangelo´s statue depicts woman with breast cancer. **Imaginis.com Breast Health News**, 8 dez. 2000. Disponível em: <<http://imaginis.com/breasthealth/news/news12.08.00.asp>>. Acesso em: 19 set. 2011.





2 Situação Epidemiológica do Câncer de Mama

Tânia Aparecida Correia Furquim*

A prevenção, a detecção e o tratamento do câncer de mama (CM) formam hoje o grande objetivo para a melhoria da saúde da mulher. O Ministério da Saúde, por intermédio do Instituto Nacional do Câncer (Inca), em sua publicação de 2011: “Estimativa 2012: Incidência de câncer no Brasil” projetou que ocorreriam 52.680 casos novos deste tipo de câncer no Brasil em 2012¹, contra 41.610 em 2003² (Figura 1). Um estudo desses dados publicados³ mostrou que, no período de 1979 a 2006, houve um aumento percentual da taxa de mortalidade por CM de 80,3%, passando de 5,77 para 9,74 por 100 mil mulheres (Figura 2), sendo que no ano 2000 foram registrados 8.390 óbitos². Uma das possíveis justificativas para esse aumento pode ser devido tanto ao aumento no número de diagnósticos como à melhoria da informação nos atestados de óbito.

Figura 1
Número de incidência de casos de câncer em 2003 e 2012^{1,2}



Fonte: Autoria própria, 2012.

* Física Médica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Doutora em Tecnologia Nuclear – Aplicações (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – SP), mestre em Biofísica (Instituto de Física da USP), especialista em Radiologia Diagnóstica (Associação Brasileira de Física Médica).



Figura 2
Registro do número de mortalidade por câncer de mama entre 1979 e 2000



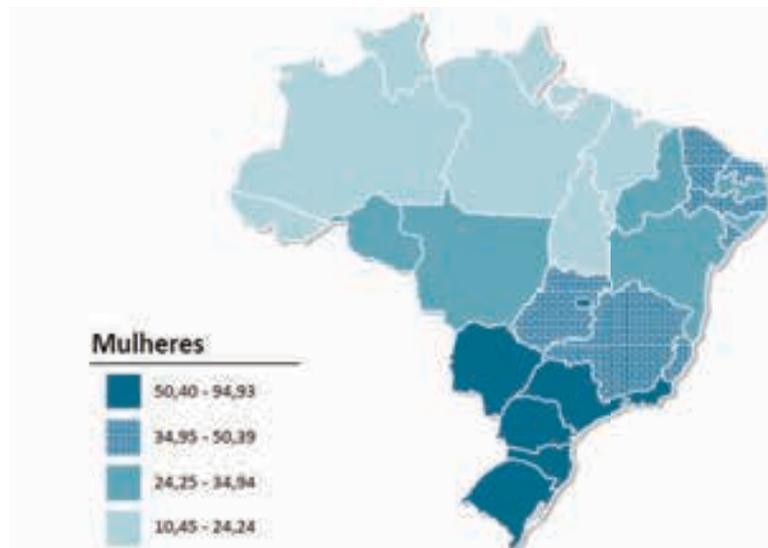
Fonte: Autoria própria, 2012.

A distribuição da estimativa para o ano de 2012 do aparecimento de novos casos no Brasil de CM em mulheres é bastante irregular. A Figura 3 apresenta a distribuição das taxas brutas de incidência por 100 mil mulheres por unidade da Federação e a Figura 4 mostra os tipos de câncer mais incidentes, estimados para 2012, na população brasileira. Conforme mostram as figuras 5 e 6, o tipo de câncer que causa a maior mortalidade em mulheres é o de mama, sendo a Região Sudeste apresenta a maior taxa de mortalidade das mulheres brasileiras, seguida do Sul, Centro-Oeste, Nordeste e Norte.

Sabe-se que métodos para a prevenção deste tipo de câncer estão em fase de estudo e nada existe de concreto para sua implementação. Também, os processos de cura são controversos e nem sempre alcançam sucesso. Assim, ressalta-se a importância dos métodos de detecção dos tumores o mais prematuramente possível, o que leva à necessidade de se manter os equipamentos para a obtenção da imagem mamográfica mais precisos e em melhor estado de funcionamento possível, principalmente quando se trata de imagens de mulheres assintomáticas. De acordo com o Inca¹, apesar de este tipo de neoplasia maligna ser de relativamente bom prognóstico, desde que diagnosticado e tratado em estágio inicial, as taxas de mortalidade por CM continuam elevadas no Brasil, dado que 50% em média dos tumores de mama foram diagnosticados em estádios III e IV (de acordo com a classificação TNM) no biênio 2000/2001⁴.



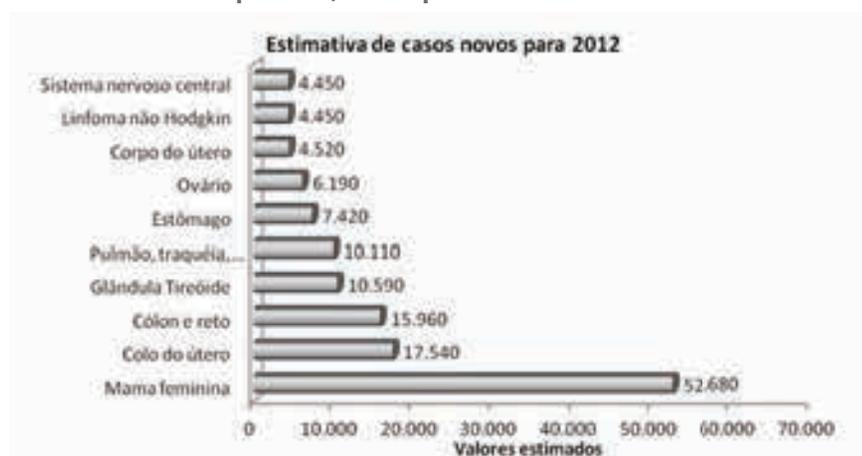
Figura 3
Representação espacial das taxas brutas de incidência por 100 mil mulheres, estimadas para o ano de 2012, segundo a unidade da Federação (neoplasia maligna da mama feminina)¹



Fonte: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2010/estimativa20091201.pdf>>.

Atualmente, o equipamento mamográfico é o que fornece imagens mais precisas para que se possa detectar o câncer de mama precocemente. No Brasil, existem 3.596 destes equipamentos de mamografia, de acordo com o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES)⁵, o que corresponde a um equipamento para cerca de 20 mil mulheres. Este número é muito grande, aumentando a responsabilidade do diagnóstico por um equipamento de mamografia. Conforme mostra a Figura 4, estima-se para 2012 que o segundo tipo de câncer que mais afetará a mulher será o de mama, com uma taxa de incidência de 52 casos por 100 mil mulheres no Brasil.

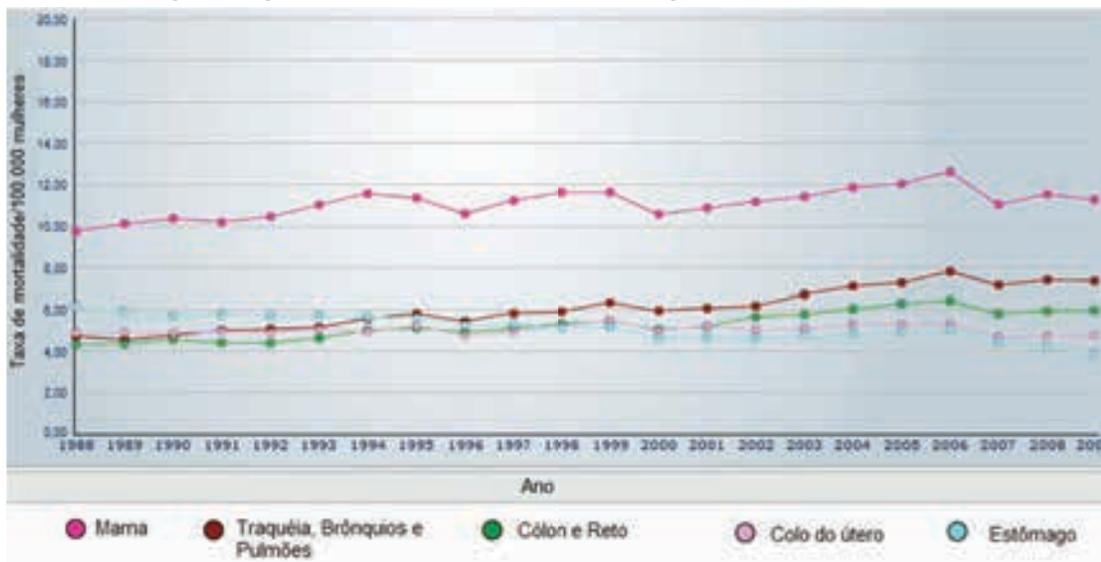
Figura 4
Estimativas de novos casos para o ano de 2012, para os dez tipos de câncer mais incidentes na população brasileira, segundo localização primária, exceto pele não melanoma¹



Fonte: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2012/>>.

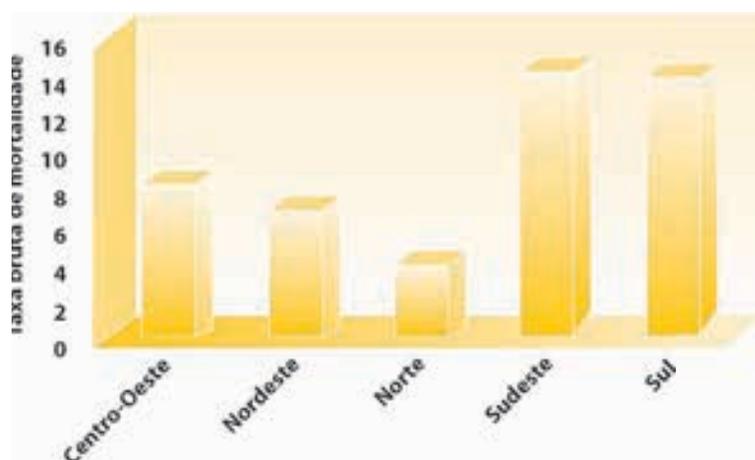


Figura 5
Taxas de mortalidade feminina por câncer, segundo as cinco localizações primárias mais frequentes por 100 mil mulheres no Brasil, no período entre 1988 e 2009³



Fonte: Sistema de Informação sobre Mortalidade; Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Ministério da Saúde/Instituto Nacional do Câncer/Conprev/Divisão de Informação.

Figura 6
Taxa bruta de mortalidade por câncer de mama, segundo regiões brasileiras no período de 2000 a 2008⁵



Fonte: Sistema de Informação sobre Mortalidade; Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Ministério da Saúde/Instituto Nacional do Câncer/Conprev/Divisão de Informação.



Assim, percebe-se que, apesar de grave, este problema é de solução clara, e citando afirmações do INCA²:

a reversão deste cenário está amparada em estratégias que se constituem de investimentos tecnológicos e em recursos humanos no âmbito de um programa estruturado para detecção precoce desta neoplasia e um sistema nacional de informações.

Figura 7
Diagrama representativo das necessidades de reversão do quadro atual relacionado à detecção do câncer de mama⁴



Fonte: Autoria própria, 2012.

Continue pesquisando, outros dados estão disponíveis em:

- Epidemiologia e Serviços de Saúde – Revista do Sistema Único de Saúde do Brasil. Disponível em: <http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1679-4974&lng=pt&nrm=iso>.
- “IBGE divulga Indicadores Demográficos e de Saúde”. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1445&id_pagina=1>.



Referências

- ¹ INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **Estimativa 2012: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro, INCA, 2011.
- ² INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **Estimativas da incidência e mortalidade por câncer no Brasil - 2003**. Rio de Janeiro, INCA, 2003.
- ³ INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **Vigilância do câncer e fatores de risco: atlas de mortalidade por câncer**. Disponível em: <<http://mortalidade.inca.gov.br/Mortalidade/>>. Acesso em: 29 fev. 2012.
- ⁴ INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). **Estimativas da incidência e mortalidade por câncer no Brasil - 2005**. Rio de Janeiro, INCA, 2004
- ⁵ BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. DATASUS. **Cadastro nacional de estabelecimentos de saúde: indicadores – equipamentos**. Disponível em: <http://cnes.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp?VEstado=35>. Acesso em: 29 fev. 2012.



3 Políticas Públicas Direcionadas ao Controle do Câncer de Mama

Tânia Aparecida Correia Furquim*

Os textos a seguir trazem um levantamento das políticas que têm sido trabalhadas pelo Ministério da Saúde para estabelecer Programas de Controle do Câncer de Mama. Essa coletânea de textos oficiais, publicados pelo próprio Ministério da Saúde, nos ajuda a compreender melhor a história das ações para a criação das políticas de controle do câncer de mama passando por todas as preocupações envolvidas na criação de um Programa Nacional de Qualidade em Mamografia. Vale ressaltar que devemos ter a preocupação não só com a detecção do Câncer de Mama, mas, também, com o tratamento e o acompanhamento periódico da mulher que teve câncer de mama.

3. 1 Programa Nacional de Controle do Câncer de Mama**

3.1.1 Histórico das Ações

As ações de controle do câncer de mama tiveram um marco histórico em meados dos anos 1980, com o lançamento do Programa de Assistência Integral à Saúde da Mulher, que postulava o cuidado mais amplo à mulher para além da tradicional atenção ao ciclo gravídico-puerperal¹.

O Programa de Oncologia do Instituto Nacional de Câncer (Pro-Onco), do Ministério da Saúde, foi criado em 1986 como estrutura técnico-administrativa da extinta Campanha Nacional de Combate ao Câncer. Em 1990, o programa tornou-se Coordenação de Programas de Controle de Câncer, e suas linhas básicas de trabalho eram a informação e a educação sobre os cânceres mais incidentes, entre os quais o câncer de mama².

* Física Médica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Doutora em Tecnologia Nuclear – Aplicações (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – SP), mestre em Biofísica (Instituto de Física da USP), especialista em Radiologia Diagnóstica (Associação Brasileira de Física Médica).

** <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/acoes_programas/site/home/nobrasil/programa_controle_cancer_mama/deteccao_precoce#SISMAMA> Acesso em 12 set. 2011.



No final dos anos 1990, com a implantação do Programa Viva Mulher, foram iniciadas ações para formulação de diretrizes e estruturação da rede assistencial na detecção precoce do câncer de mama. O Documento de Consenso, em 2004, propôs as diretrizes técnicas para o controle do câncer de mama no Brasil³.

Em 2005, com o lançamento da Política Nacional de Atenção Oncológica, o controle dos cânceres de colo do útero e de mama foi destacado como componente fundamental dos planos estaduais e municipais de saúde⁴. Neste mesmo ano, foi elaborado o Plano de Ação para o Controle dos Cânceres de Colo do Útero e de Mama 2005–2007, que propôs seis diretrizes estratégicas: aumento de cobertura da população-alvo, garantia da qualidade, fortalecimento do sistema de informação, desenvolvimento de capacitações, estratégia de mobilização social e desenvolvimento de pesquisas.

A importância da detecção precoce dessas neoplasias foi reafirmada no Pacto pela Saúde, em 2006, com a inclusão de indicadores na pactuação de metas com estados e municípios para a melhoria do desempenho das ações prioritárias da agenda sanitária nacional⁵.

Em abril de 2009, o Inca promoveu o Encontro Internacional sobre Rastreamento do Câncer de Mama, no Rio de Janeiro, que reuniu representantes do Ministério e das secretarias estaduais de Saúde, do movimento organizado de mulheres e de instituições ligadas ao controle do câncer, com objetivo de conhecer a experiência de programas bem-sucedidos da Europa, Canadá e Chile. O Encontro resultou no *resumo executivo* com recomendações para implantação de programa organizado de rastreamento do câncer de mama. As apresentações do Encontro estão disponibilizadas no *Caderno de Resumos*, com síntese em português⁶.

A implantação do Sistema de Informação do Câncer de Mama (Sismama), em junho de 2009, o aumento da oferta de mamografias pelo Ministério da Saúde (Mais Saúde 2008–2011) e a publicação de documentos, entre os quais os *Parâmetros técnicos para o rastreamento do câncer de mama*⁷ e *Recomendações para a redução da mortalidade do câncer de mama no Brasil*, vem dinamizando a organização das ações de controle.

A priorização do controle do câncer de mama foi reafirmada em março de 2011, com o lançamento do Plano Nacional de Fortalecimento da Rede de Prevenção, Diagnóstico e Tratamento do Câncer, pela presidente da República Dilma Roussef. O plano prevê investimentos técnicos e financeiros para a intensificação das ações de controle nos estados e municípios. No âmbito da detecção precoce, a perspectiva atual é a garantia de confirmação diagnóstica das lesões palpáveis e das identificadas no rastreamento; implantação da gestão da qualidade da mamografia; a ampliação da oferta de mamografia de rastreamento; a comunicação e a mobilização social e o fortalecimento da gestão do programa. Na atenção terciária, a meta é dar continuidade às ações de ampliação do acesso ao tratamento do câncer com qualidade, conforme objetivos da Política Nacional de Atenção Oncológica.



3.1.2 Detecção Precoce

O câncer de mama identificado em estágios iniciais, quando as lesões são menores de dois centímetros de diâmetro, apresenta prognóstico mais favorável e elevado percentual de cura.

As estratégias para a detecção precoce são o diagnóstico precoce – abordagem de pessoas com sinais e/ou sintomas da doença – e o rastreamento – aplicação de teste ou exame em uma população assintomática, aparentemente saudável, com o objetivo de identificar lesões sugestivas de câncer e encaminhar as mulheres com resultados alterados para investigação e tratamento¹. Em ambas as estratégias, é fundamental que a mulher esteja bem informada e atenta a possíveis alterações nas mamas (*breast awareness*) e, em caso de anormalidades, busque prontamente o serviço de Saúde.

3.1.3 Diagnóstico Precoce

A estratégia de diagnóstico precoce contribui para a redução do estágio de apresentação do câncer, sendo conhecida algumas vezes como *downstaging*⁸. Nesta estratégia, destaca-se a importância da educação da mulher e dos profissionais de Saúde para o reconhecimento dos sinais e dos sintomas do câncer de mama, bem como do acesso rápido e facilitado aos serviços de Saúde.

Na década de 1950, nos Estados Unidos, o autoexame das mamas surgiu como estratégia para diminuir o diagnóstico de tumores de mama em fase avançada. Ao final da década de 1990, ensaios clínicos mostraram que o autoexame das mamas não reduzia a mortalidade pelo câncer de mama. A partir de então, diversos países passaram a adotar a estratégia de *breast awareness*, que significa estar alerta para a saúde das mamas⁹.

A política de alerta à saúde das mamas destaca a importância do diagnóstico precoce e significa orientar a população feminina sobre as mudanças habituais das mamas em diferentes momentos do ciclo de vida e os principais sinais do câncer de mama.

A orientação é que a mulher realize a autopalpação das mamas sempre que se sentir confortável para tal (seja no banho, no momento da troca de roupa ou em outra situação do cotidiano), sem nenhuma recomendação de técnica específica, valorizando-se a descoberta casual de pequenas alterações mamárias. É necessário que a mulher seja estimulada a procurar esclarecimento médico sempre que houver dúvida em relação aos achados da autopalpação das mamas e a participar das ações de detecção precoce do câncer de mama. O sistema de Saúde precisa adequar-se para acolher, informar e realizar os exames diagnósticos adequados em resposta a essa demanda estimulada.

Essa estratégia mostrou ser mais efetiva do que o autoexame das mamas, isto é, a maior parte das mulheres com câncer de mama, identificou o câncer



por meio da palpação ocasional em comparação com o autoexame (aproximadamente 65% das mulheres identificam o câncer de mama ao acaso e 35% por meio do autoexame).

A estratégia do diagnóstico precoce é especialmente importante em contextos de apresentação avançada do câncer de mama.

3.1.4 Rastreamento

O rastreamento é uma estratégia dirigida às mulheres na faixa etária em que o balanço entre benefícios e riscos da prática é mais favorável, com maior impacto na redução da mortalidade. Os benefícios são o melhor prognóstico da doença, com tratamento mais efetivo e menor morbidade associada, enquanto os riscos ou malefícios incluem os resultados falso-positivos e falso-negativos, que trazem ansiedade ou falsa tranquilidade à mulher; o sobrediagnóstico e o sobretratamento, relacionados à identificação de tumores de comportamento indolente; e o risco da exposição à radiação ionizante, se excessiva ou mal controlada¹⁰.

O rastreamento pode ser oportunístico ou organizado. No primeiro, o exame de rastreio é ofertado às mulheres que oportunamente chegam às unidades de Saúde, enquanto o modelo organizado é dirigido às mulheres elegíveis de uma dada população que é formalmente convidada para os exames periódicos. A experiência internacional tem demonstrado que o segundo modelo apresenta melhores resultados e menores custos¹¹.

Em países que implantaram programas efetivos de rastreamento, com cobertura da população-alvo, qualidade dos exames e tratamento adequado, a mortalidade por câncer de mama vem diminuindo. As evidências do impacto do rastreamento na mortalidade por esta neoplasia justificam sua adoção como política de saúde pública, tal como recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS)¹².

No Brasil, a mamografia e o exame clínico das mamas (ECM) são os métodos preconizados para o rastreamento na rotina da atenção integral à saúde da mulher.

A recomendação para as mulheres de 50 a 69 anos é realizar mamografia a cada dois anos e realizar exame clínico das mamas anualmente. A mamografia nesta faixa etária, e a periodicidade bienal, é a rotina adotada na maioria dos países que implantaram o rastreamento organizado do câncer de mama e baseia-se na evidência científica do benefício dessa estratégia na redução da mortalidade neste grupo. Segundo revisões sistemáticas recentes, o impacto do rastreamento mamográfico na redução da mortalidade por câncer de mama pode chegar a 25%^{13,14,15}.

Para as mulheres de 40 a 49 anos, a recomendação é o exame clínico anual e a mamografia diagnóstica em caso de resultado alterado do ECM. Se-



gundo a OMS, a inclusão desse grupo no rastreamento mamográfico tem hoje limitada evidência de redução da mortalidade¹². Uma das razões é a menor sensibilidade da mamografia em mulheres na pré-menopausa devido à maior densidade mamária.

Além desses grupos, há também a recomendação para o rastreamento de mulheres com risco elevado de câncer de mama, cuja rotina deve se iniciar aos 35 anos, com exame clínico das mamas e mamografia anuais⁹. Segundo o Consenso de Mama, risco elevado de câncer de mama inclui: história familiar de câncer de mama em parente de primeiro grau antes dos 50 anos ou de câncer bilateral ou de ovário em qualquer idade; história familiar de câncer de mama masculino; e diagnóstico histopatológico de lesão mamária proliferativa com atipia ou neoplasia lobular *in situ*¹⁶. A definição sobre a forma de rastreamento da mulher de alto risco não tem ainda suporte nas evidências científicas atuais e é variada a abordagem deste grupo nos programas nacionais de rastreamento. Recomenda-se que as mulheres com risco elevado de câncer de mama tenham acompanhamento clínico individualizado.

O êxito das ações de rastreamento depende dos seguintes pilares:

- Informar e mobilizar a população e a sociedade civil organizada.
- Alcançar a meta de cobertura da população-alvo.
- Garantir acesso ao diagnóstico e ao tratamento.
- Garantir a qualidade das ações.
- Monitorar e gerenciar continuamente as ações.

3.1.5 Sistema de Informação do Câncer de Mama (Sismama)

O Sistema de Informação do Câncer de Mama (Sismama) foi desenvolvido pelo Inca, em parceria com o Departamento de Informática do SUS (DATASUS), como ferramenta para gerenciar as ações de detecção precoce do câncer de mama. O Sistema foi instituído pela Portaria SAS/MS nº 779, de 2008, e entrou em vigor em junho de 2009. Os dados produzidos pelo sistema permitem estimar a cobertura da população-alvo e a qualidade dos exames, a distribuição dos diagnósticos, a situação do seguimento das mulheres com exames alterados, entre outras informações relevantes ao acompanhamento e à melhoria das ações de rastreamento, diagnóstico e tratamento.

O sistema está implantado nas clínicas radiológicas e nos laboratórios de citopatologia e histopatologia que realizam exames pelo Sistema Único de Saúde (módulo do prestador de serviço) e nas coordenações estaduais, regionais e municipais de detecção precoce do câncer (módulo de coordenação).

Os formulários-padrão para a coleta de dados do Sismama e os locais onde estão disponíveis são:



Requisição de mamografia: disponível nas unidades básicas de Saúde para solicitação de mamografia de rastreamento (mulheres assintomáticas) e mamografia diagnóstica (mulheres com alterações no exame clínico da mama). Também deverá estar disponível em unidades secundárias para o acompanhamento das mulheres com exames prévios alterados ou em tratamento.

Resultado de mamografia: disponível nos serviços que realizam a mamografia (clínicas radiológicas, hospitais). Neste formulário, serão complementadas algumas informações relativas à anamnese da paciente e informadas as alterações observadas no exame mamográfico, seguidas do laudo e recomendações conforme a categoria BI-RADs, adaptada do Colégio Brasileiro de Radiologia.

Requisição de Exame Citopatológico: disponível nas unidades secundárias de referência para patologias mamárias e em unidades básicas que dispõem de profissional capacitado para realização de Punção Aspirativa por Agulha Fina (Paaf). As informações do resultado são inseridas pelo profissional do laboratório que realiza o exame.

Requisição de Exame Histopatológico: disponível nas unidades secundárias de referência para patologias mamárias e hospitais. As informações do resultado são inseridas pelo profissional do laboratório que realiza o exame.

As orientações básicas para uso do sistema pelos laboratórios e pelas coordenações podem ser acessadas nos *manuals operacionais* disponíveis. Também está disponível o *manual gerencial* que auxilia na análise dos relatórios. Outras informações podem ser acessadas na seção de *perguntas frequentes* e no Fórum Sismama, espaço virtual em que usuários, gestores e profissionais da Saúde trocam informações, experiências e orientações.

Os dados do Sismama são disponibilizados ao público no site do DATASUS e podem ser tabulados por Brasil e unidades da Federação.

A ficha técnica dos procedimentos ambulatoriais relacionados ao controle do câncer de mama pode ser consultada na página do Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos (Sigtap) <<http://sigtap.datasus.gov.br/tabela-unificada/app/sec/inicio.jsp>>.

3.1.5.1 Programa Nacional de Qualidade em Mamografia

O Programa de Qualidade em Mamografia (PQM) é uma iniciativa do Inca e do Colégio Brasileiro de Radiologia com vistas a garantir a qualidade da mamografia realizada pelo SUS no âmbito da detecção precoce do câncer de mama. As ações envolvem o controle da dose, da qualidade da imagem e do laudo (interpretação da imagem radiológica). Os órgãos estaduais de Vigilância Sanitária são os parceiros desta iniciativa mediante termos de cooperação técnica.



3.1.5.2 Aperfeiçoamento da Gestão das Ações de Detecção Precoce

Esta linha de atuação envolve apoio técnico às coordenações estaduais de detecção precoce do câncer mediante as seguintes atividades: acompanhamento cotidiano das ações e projetos; realização de encontros nacionais para suporte técnico ao planejamento e à avaliação; e produção de boletins informativos para acompanhamento de indicadores do Pacto pela Saúde, difusão de experiências e intercâmbio institucional.

3.1.6 Tratamento

Importantes avanços na abordagem do câncer de mama aconteceram nos últimos anos, principalmente no que diz respeito a cirurgias menos mutilantes, assim como a busca da individualização do tratamento. O tratamento varia de acordo com o estadiamento da doença, suas características biológicas, bem como das condições da paciente (idade, *status* menopausal, comorbidades e preferências).

O prognóstico do câncer de mama depende da extensão da doença (estadiamento). Quando a doença é diagnosticada no início, o tratamento tem maior potencial curativo. Quando há evidências de metástases (doença a distância), o tratamento tem por objetivos principais prolongar a sobrevida e melhorar a qualidade de vida.

As modalidades de tratamento do câncer de mama podem ser divididas em:

- Tratamento local: cirurgia e radioterapia.
- Tratamento sistêmico: quimioterapia, hormonioterapia e terapia biológica.

3.1.6.1 Estádios I e II

A conduta habitual consiste de cirurgia, que pode ser conservadora, com retirada apenas do tumor; ou mastectomia, com retirada da mama. A avaliação dos linfonodos axilares tem função prognóstica e terapêutica.

Após a cirurgia, o tratamento complementar com radioterapia pode ser indicado em algumas situações. Já a reconstrução mamária deve ser sempre considerada nos casos de mastectomia.

O tratamento sistêmico será determinado de acordo com o risco de recorrência (idade da paciente, comprometimento linfonodal, tamanho tumoral, grau de diferenciação), assim como das características tumorais que irão ditar a terapia mais apropriada. Essa última se baseia principalmente na mensuração



dos receptores hormonais (receptor de estrogênio e progesterona) – quando a hormonioterapia pode ser indicada; e também de HER-2 (fator de crescimento epidérmico 2) – com possível indicação de terapia biológica anti-HER-2.

3.1.6.2 Estádio III

Pacientes com tumores maiores, porém ainda localizados, enquadram-se no estágio III. Nessa situação, o tratamento sistêmico (na maioria das vezes, com quimioterapia) é a modalidade terapêutica inicial. Após resposta adequada, segue-se com o tratamento local.

3.1.6.3 Estádio IV

Nesse estágio, é fundamental que a decisão terapêutica busque o equilíbrio entre a resposta tumoral e o possível prolongamento da sobrevida, levando-se em consideração os potenciais efeitos colaterais decorrentes do tratamento. A modalidade principal nesse estágio é sistêmica, sendo o tratamento local reservado para indicações restritas.

Atenção à qualidade de vida da paciente com câncer de mama deve ser preocupação dos profissionais de Saúde ao longo de todo o processo terapêutico. As rotinas do Inca para o tratamento do câncer de mama estão disponíveis em: <http://www1.inca.gov.br/rbc/n_47/v01/pdf/normas.pdf>.

O tratamento do câncer de mama, conforme prevê a Política Nacional de Atenção Oncológica, deve ser feito por meio das Unidades de Assistência de Alta Complexidade em Oncologia (Unacon) e dos Centros de Assistência de Alta Complexidade em Oncologia (Cacon), que fazem parte de hospitais de nível terciário. Este nível de atenção deve estar capacitado para determinar a extensão da neoplasia (estadiamento), tratar, cuidar e assegurar a qualidade da assistência oncológica.

A habilitação das Unacons e Cacons é periodicamente atualizada de acordo com a necessidade e indicação dos estados, baseadas em padrões e parâmetros publicados na Portaria da Secretaria de Atenção à Saúde (SAS/MS) nº 741, de dezembro de 2005. A mais recente atualização foi feita pela Portaria SAS/MS nº 62, 11 de março de 2009. Veja no mapa do Brasil os Unacons e Cacons habilitados no SUS.

O Instituto Nacional de Câncer é um dos responsáveis pela execução da expansão da atenção oncológica em nível terciário, em parceria com estados, municípios e hospitais públicos ou filantrópicos. Cabe às secretarias estaduais e municipais de Saúde organizar o fluxo de atendimento dos pacientes na rede assistencial, estabelecendo a referência dos pacientes para Unacons ou Cacons.



3.1.7 Fontes de Informação***

Informações sobre a incidência do câncer de mama podem ser obtidas nos Registros Hospitalares de Câncer (RHC), nos Registros de Câncer de Base Populacional (RCBP) e nas Estimativas de Casos Novos de Câncer, publicadas pelo Inca a cada dois anos.

Informações sobre a mortalidade por câncer de mama podem ser consultadas no *Atlas da Mortalidade por Câncer* no portal do Inca, a partir dos dados do Sistema de Informação da Mortalidade.

Alguns indicadores para avaliação das ações de detecção precoce estão disponíveis no painel de indicadores do Sismama. O conjunto mais amplo de informações do Sismama pode ser acessado no Tabnet do Sistema no DATASUS. Dados de produção dos exames e procedimentos na linha de cuidados do câncer de mama podem ser obtidos também no DATASUS, em *informações de saúde/assistência à saúde*.

3.1.8 Legislação****

- MS/GM Portaria nº 2.012, de 23 de agosto de 2011: Estabelece recursos adicionais para o fortalecimento das ações de rastreamento e diagnóstico precoce dos cânceres do colo uterino e de mama.
- MS/GM Portaria nº 1.682, de 21 de julho de 2011: Institui o Grupo Coordenador Nacional da Força-Tarefa para a avaliação dos laboratórios de citopatologia no âmbito do SUS.
- MS/MS Portaria nº 558, de 24 de março de 2011: Constitui o Comitê Técnico Assessor para acompanhamento da política de prevenção, diagnóstico e tratamento dos cânceres de colo de útero e de mama.
- SAS/MS Portaria nº 1.856, de 12 de julho de 2010: Altera a Portaria nº 1.183, de 3 de junho de 2009, e prorroga em 18 meses o financiamento dos exames de mamografia pelo Faec.
- SAS/MS Portaria nº 1.183, de 3 de junho de 2009: Altera o procedimento mamografia unilateral (02.04.03.003-0) e inclui o procedimento Mamografia Bilateral para Rastreamento (02.04.03.018-8), com financiamento pelo Faec.
- MS/SAS Portaria nº 215, de 25 de junho de 2009: Prorroga o prazo para início da utilização exclusiva do Sismama para faturamento dos exames.

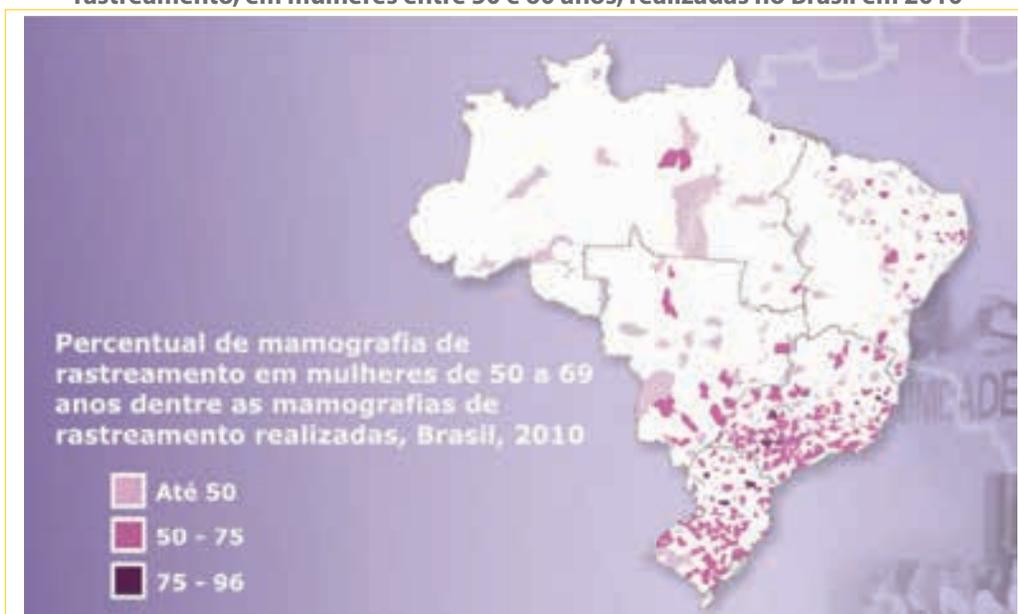
*** Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/acoes_programas/site/home/nobrasil/programa_controle_cancer_mama/textos_referencia>.

**** Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/582eb38047e31e4bbdfcf95cf639ea3/folder_ubs_rastreamento_colo_mama.PDF?MOD=AJPERES&CACHEID=582eb38047e31e4bbdfcf95cf639ea3>.



- MS/SAS Portaria nº 779, de 31 de dezembro de 2008: Em vigor desde junho de 2009, institui o Sistema de Informação do Câncer de Mama (Sismama).
- Retificação Portaria MS nº 779/2008: Vincula o faturamento de procedimentos como mamografia bilateral e exame citopatológico, entre outros, a prestação de informações de cadastro e de laudo, descritas no manual gerencial do sistema.
- MS Portaria nº 2.918/2007: Exclui e altera procedimentos da tabela SIA/SUS e SIH/SUS relativos ao controle do câncer de colo do útero e de mama.

Figura 1
Distribuição, por regiões, de percentual mamografia de rastreamento, em mulheres entre 50 e 60 anos, realizadas no Brasil em 2010



Fonte: SISCOLO/DATASUS, abril de 2011.



Referências

- 1 BRASIL. Ministério da Saúde. **Assistência integral à saúde da mulher: bases de ação programática**. Brasília: Ministério da Saúde, 1984.
- 2 ABREU, Evaldo de. Pró-Onco 10 anos. **Revista brasileira de cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 43 n. 4, p.1-15, out./dez. 1997.
- 3 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Controle do câncer de mama: documento do consenso**. Rio de Janeiro, 2004.
- 4 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Portaria nº 2.439**. Política Nacional de Atenção Oncológica, 2005.
- 5 BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva. Departamento de Apoio à Descentralização. Coordenação-Geral de Apoio à Gestão Descentralizada. **Diretrizes operacionais dos Pactos pela Vida, em Defesa do SUS e de Gestão**. Brasília, 2006.
- 6 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Resumo das apresentações**. Rio de Janeiro, 2008. Encontro Internacional sobre Rastreamento do Câncer de Mama, Rio de Janeiro, 2008.
- 7 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Parâmetros técnicos para o rastreamento do câncer de mama**. Rio de Janeiro, 2009.
- 8 WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cancer Control: Knowledge into action: WHO guide for effective programmes: Early Detection Module**. Switzerland: WHO, 2007. Disponível em: <<http://www.who.int/cancer/prevention/en/>> Acesso em: 2 jul. 2013.
- 9 THORNTON, H.; PILLARISSETTI, R. R. 'Breast Awareness' and 'breast self-examination' are not the same. What do these terms mean? Why are they confused? What can we do? **European journal of cancer**, New York, v. 44, p. 2118-2121, 2008.
- 10 BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Rastreamento**. Brasília, 2010.
- 11 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Resumo das apresentações**. Rio de Janeiro, 2008. Encontro Internacional sobre Rastreamento do Câncer de Mama, Rio de Janeiro, 2008.



- 12 WORLD HEALTH ORGANIZATION. International Agency for Research on Cancer. **World cancer report 2008**. Lyon, 2008.
- 13 U.S. PREVENTIVE TASK FORCE. Screening for Breast Cancer: U.S. Preventive Task Force Recommendation Statement. **Annals of internal medicine**, Philadelphia, v. 151, n. 10, p. 716-724, 2009.
- 14 GØTZSCHE, P. C.; NIELSEN, M. Screening for breast cancer with mammography. **Cochrane database of systematic reviews**, issue 4, 2006. Art. No.: CD001877. DOI: 10.1002/14651858.CD001877.pub2.
- 15 AETMIS. Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé. Report prepared by Wilber Deck with the contribution of Ritsuko Kakuma. **Screening mammography: a reassessment**. Montreal: AETMIS, 2006. Disponível em: <http://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/AETMIS/Rapports/Depistage/2005_03_res_en.pdf> Acesso em: 11 jul. 2013.
- 16 INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Controle do câncer de mama: documento do consenso**. Rio de Janeiro, 2004.



4 Abordagem Morfofuncional da Mama

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*

Mamas são glândulas sudoríparas apócrinas modificadas da pele que têm por função produzir leite, fonte de alimento para a prole, proporcionando a esta, importante grau de imunidade durante os primeiros meses de vida. São consideradas órgãos acessórios do sistema reprodutor^{1,2,3}.

O estudo morfofuncional das mamas permite a análise comparativa entre as estruturas anatômicas da mama (anatomia topográfica) e seus aspectos nos estudos de imagem (anatomia radiológica) associando estes achados às mudanças cíclicas normais que permeiam seu desenvolvimento (fisiologia). O conhecimento da sequência de eventos que ocorrem durante a formação do broto mamário na vida intra-uterina (embriologia), permite o entendimento de eventuais alterações encontradas após o nascimento, como a presença de tecido mamário acessório.

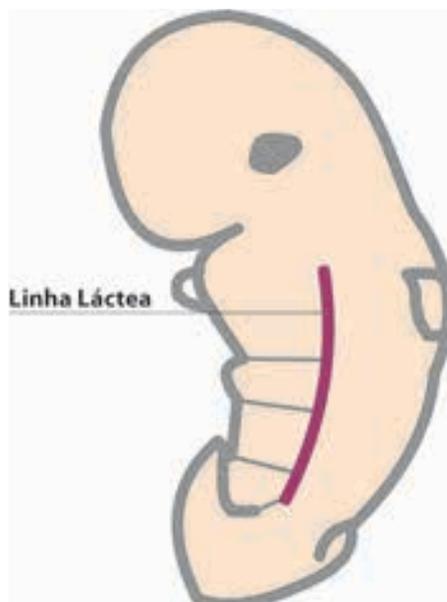
4.1 Embriologia e Desenvolvimento Mamário

As mamas desenvolvem-se entre a 5^o e a 6^o semanas de vida intrauterina, como espessamento compacto do ectoderma, na parede anterolateral do corpo, que se estende da axila à região inguinal. Este trajeto é conhecido como linha mamária ou láctea^{1,2,4} conforme demonstrado esquematicamente na Figura 1.

* Médica Radiologista. Membro Titular do Colégio Brasileiro de Radiologia. Membro Titular da Sociedade Brasileira de Radiologia. Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Mestre em Medicina pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia.



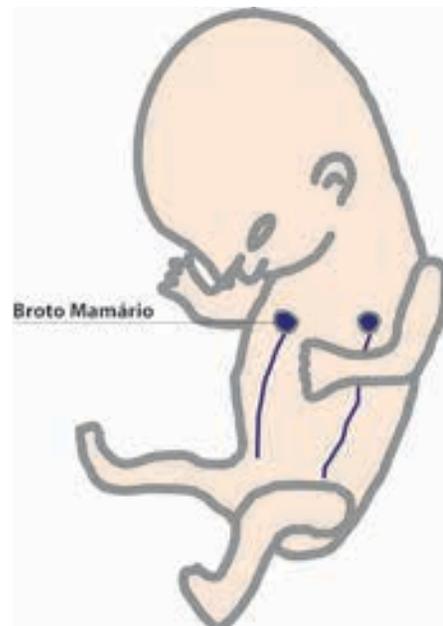
Figura 1
Linha láctea em embrião de cinco semanas



Fonte: Dalke, 2012.

Se o desenvolvimento acontecer normalmente há involução dessa linha. Na oitava semana de gestação somente a porção destinada a tornar-se mama persiste para formar o broto mamário (Figura 2).

Figura 2
Broto mamário no feto de 12 semanas.



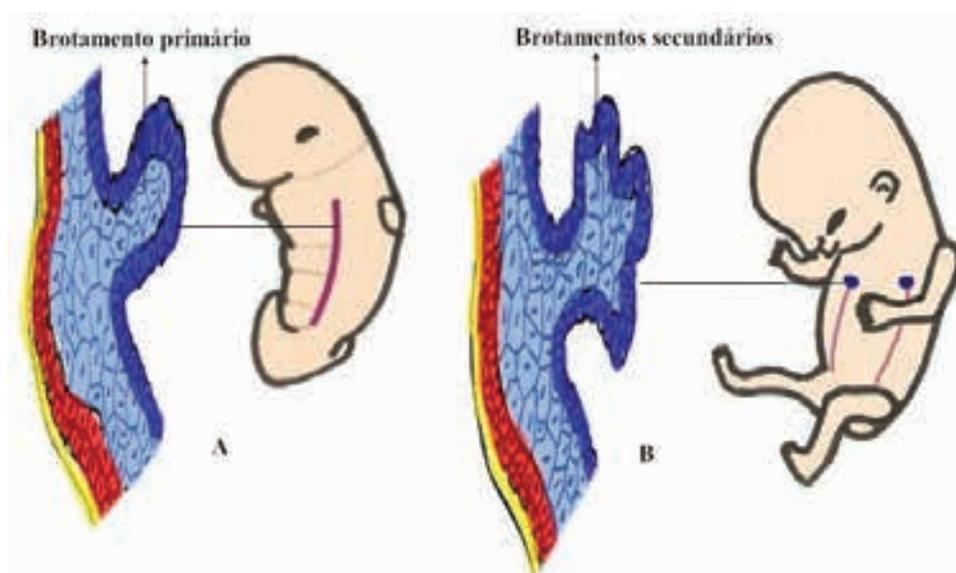
Fonte: Dalke, 2012.



Durante o desenvolvimento embriológico, o espessamento do ectoderma projeta-se para o interior do mesoderma subcutâneo. Cada brotamento mamário primitivo originará vários brotamentos secundários, dando origem os ductos lactíferos e seus ramos.

A Figura 3 demonstra esquema de ramos dos ductos lactíferos no embrião de seis semanas e no feto de 12 semanas.

Figura 3
Ramos dos ductos lactíferos

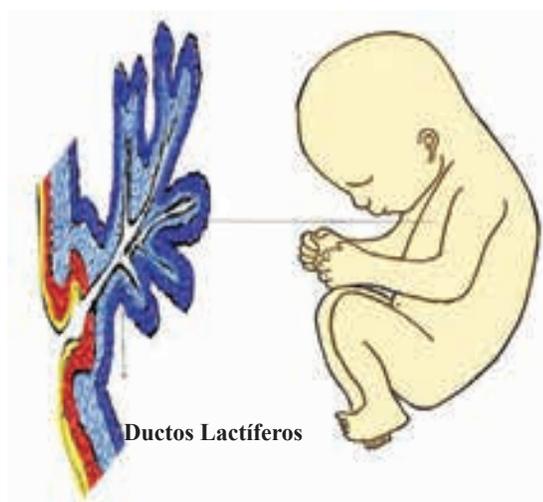


A – embrião de seis semanas
Fonte: Dalke, 2012.

B – feto de 12 semanas.

Nos fetos a termo (Figura 4) existe uma simples rede arborizada de ductos. Embora os lóbulos – que são os elementos glandulares – não apareçam até a adolescência, uma descarga papilar pode ocorrer devido ao estímulo hormonal materno.

Figura 4
Ductos lactíferos no feto a termo



Fonte: Dalke, 2012.



Quando há falha na involução das cristas mamárias, pode-se observar o desenvolvimento de tecido mamário ectópico ou de tecido mamário acessório – que podem ocorrer em qualquer localização da linha láctea (Figura 5). A diferença entre tecido mamário acessório e ectópico é que o primeiro ocorre em contiguidade com a glândula primária; já em relação ao segundo, há descontinuidade com o tecido glandular primário. O tecido mamário acessório é mais frequentemente observado do que o ectópico.

A axila é a região onde se observa mais comumente tecido mamário acessório. Este pode estar acompanhado ou não da papila. É importante o conhecimento dessas variações, pois, onde há epitélio ductal, existe a possibilidade de desenvolvimento de câncer. Como a localização mais comum de tecido acessório é na região axilar, os estudos de imagem devem incluir o máximo possível dessa região.

Figura 5
Linhas lácteas, tecido mamário acessório e tecido mamário ectópico

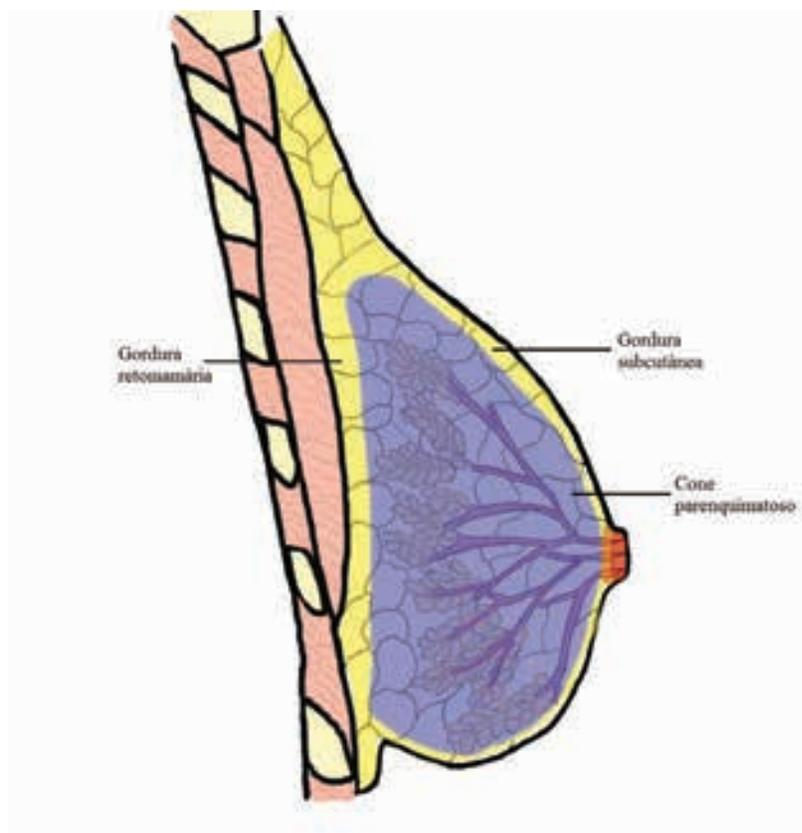


Fonte: Dalke, 2012.



As mamas desenvolvem-se dentro de uma fásia de camada superficial que se localiza logo abaixo da pele. Não se sabe, ao certo, quando a camada superficial se divide originando também uma camada profunda. Assim, há formação de um envelope incompleto que circunda a mama (Figura 6).

Figura 6
Camadas constituintes da mama



Fonte: Dalke, 2012.

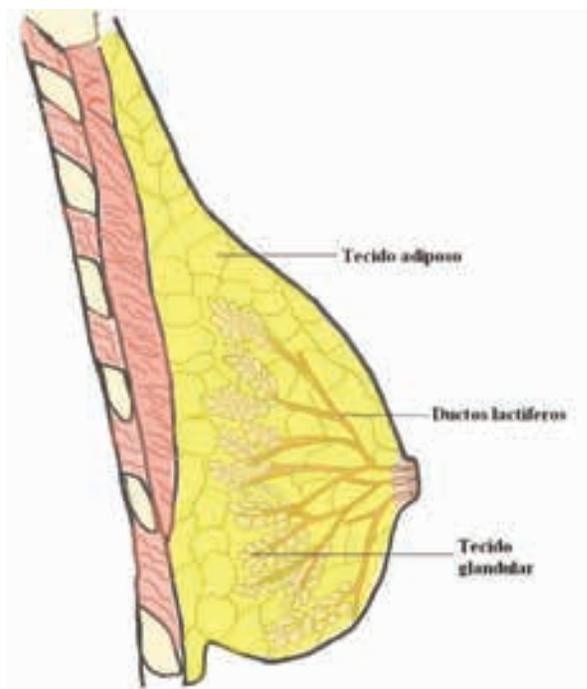
É importante salientar que a maioria dos cânceres (aproximadamente 70%) se desenvolvem no parênquima, em uma zona com um centímetro de largura, localizada imediatamente abaixo da gordura subcutânea ou anterior à gordura retromamária, onde se encontra a maior parte do tecido glandular, denominada zona periférica.

No nascimento, os ductos principais já estão formados; porém, os lóbulos – que são elementos glandulares – aparecem apenas na mulher e no período puberal, como consequência de estímulos hormonais.

O desenvolvimento mamário leva a um aumento volumétrico do tecido adiposo subcutâneo e do tecido conectivo; leva também à proliferação e ao alongamento dos elementos ductais, que se estendem profundamente em direção ao tecido subcutâneo (Figura 7).



Figura 7
Anatomia mamária demonstrada em corte sagital



Fonte: Dalke, 2012.

É importante lembrar que o tecido mamário permanece incompletamente desenvolvido até a gestação. Durante a gravidez, os canais intralobulares desenvolvem-se rapidamente originando os brotamentos que constituirão os alvéolos².

Os diferentes tamanhos das mamas ocorrem pelo desenvolvimento do tecido conjuntivo e adiposo e não pelos elementos glandulares. A quantidade destes é semelhante entre mulheres com diferentes tamanhos de glândulas mamárias².

O desenvolvimento completo das mamas pode levar muitos anos e não estar completo até a terceira década de vida².

Para que haja lactação, deve haver um desenvolvimento completo das mamas. Assim, uma gravidez a termo é um dos fatores responsáveis pela rápida diferenciação lobular.

Quando a mama é preparada para a lactação, ocorre um desenvolvimento lobular adicional. Após seu término, há involução de muitos destes lóbulos.

Uma mulher que teve uma gravidez a termo aos 18 anos de idade possui um risco menor de desenvolver câncer em relação àquela que permaneceu sem uma gravidez a termo até os 30 anos, pois houve uma redução no tempo em que fatores carcinogênicos poderiam atuar durante o período de diferenciação lobular².

Nos homens, as mamas permanecem no estágio de desenvolvimento infantil, contendo ductos primitivos. Durante a adolescência, pode ocorrer ginecomastia secundária a flutuações hormonais. Geralmente há resolução espontânea, sem necessidade de intervenção cirúrgica².

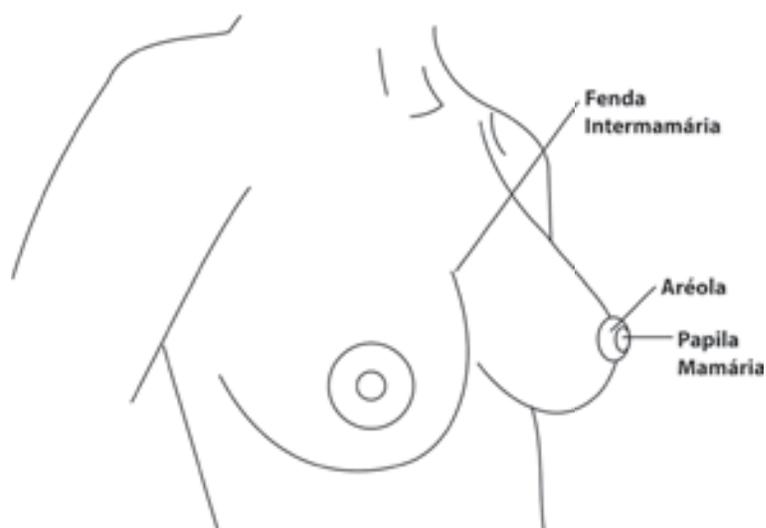


4.2 Anatomia Macroscópica da Mama

Na mulher adulta, a mama é caracterizada como uma proeminência arredondada ou cônica localizada na parede torácica anterior.

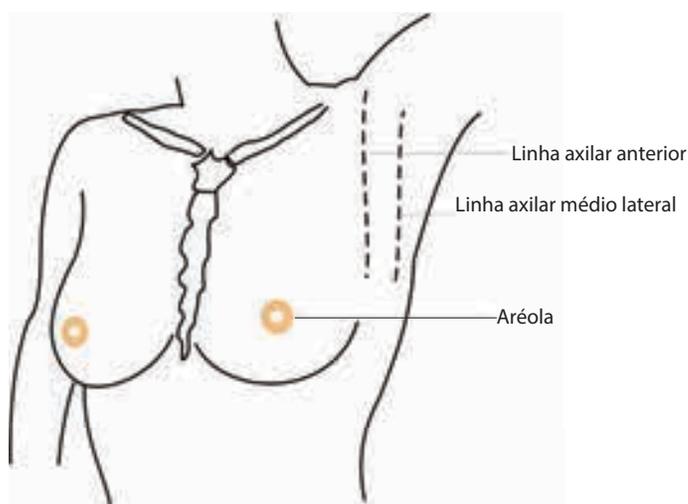
Estende-se do segundo ao sexto ou sétimo arcos costais e da borda lateral do esterno até a linha axilar mediolateral (figuras 8 e 9)^{1,2,5}.

Figura 8
Anatomia superficial da mama



Fonte: Dalke, 2012.

Figura 9
Aréola mamária e linhas axilares anterior e mediolateral



Fonte: Dalke, 2012.

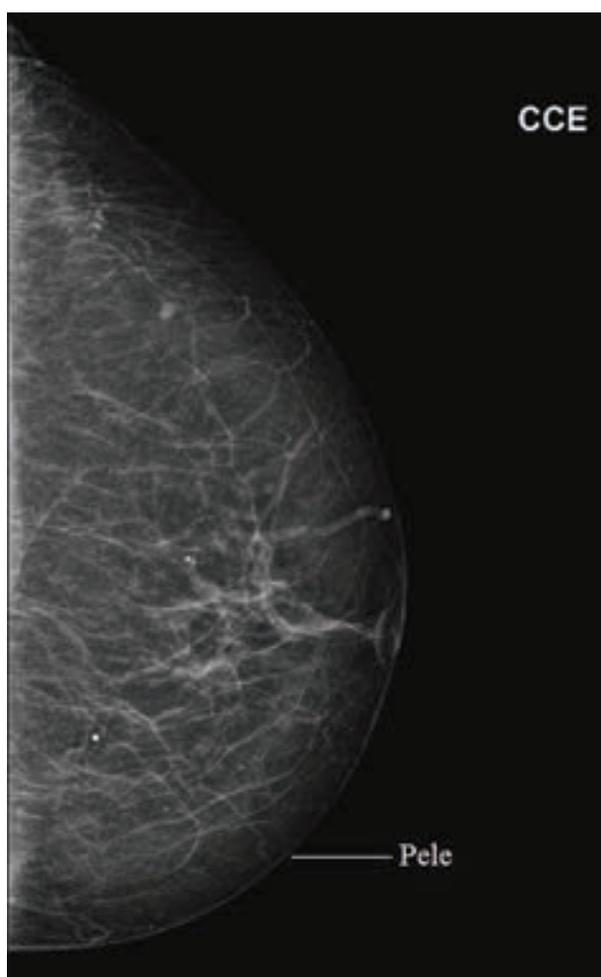
A aréola (Figura 9) possui tecido pigmentado mais espesso que o resto da pele mamária. A presença de numerosas glândulas sebáceas promove ele-



vações em sua superfície, conferindo-lhe aspereza. Essas glândulas secretam material lipóide que lubrifica e protege a papila durante a amamentação. A aréola também possui folículos pilosos e glândulas sudoríparas.

A espessura normal da pele mamária varia de 0,5 a 2,0mm no exame de mamografia (Figura 10)².

Figura 10
Aspecto normal da pele mamária no exame de mamografia

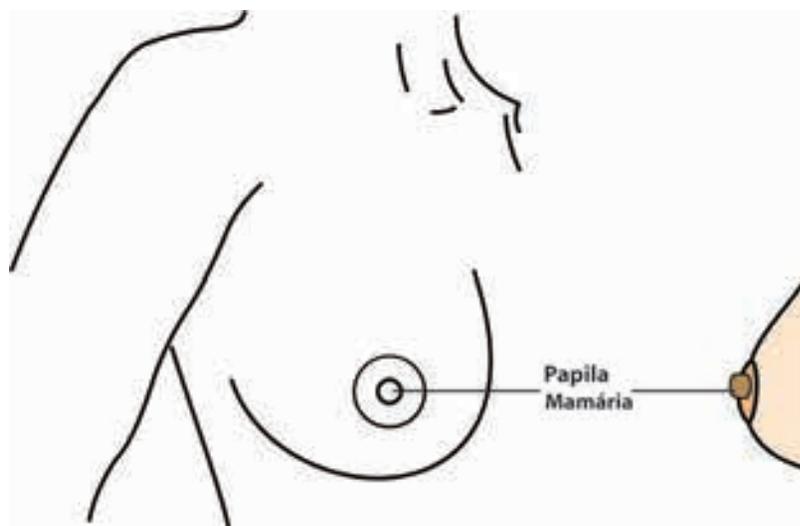


Fonte: Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP
Ribeirão Preto, [s/d].

A papila mamária é uma saliência cilíndrica ou cônica (Figura 11). Está localizada aproximadamente na topografia do quarto espaço intercostal. Sua pele é enrugada, pigmentada, áspera e sua superfície irregular, em que são observados numerosos orifícios (6 a 20), isto é, as aberturas dos canais lactíferos. Possuem terminações sensoriais e faixas de musculatura lisa cuja função erétil facilita a amamentação².



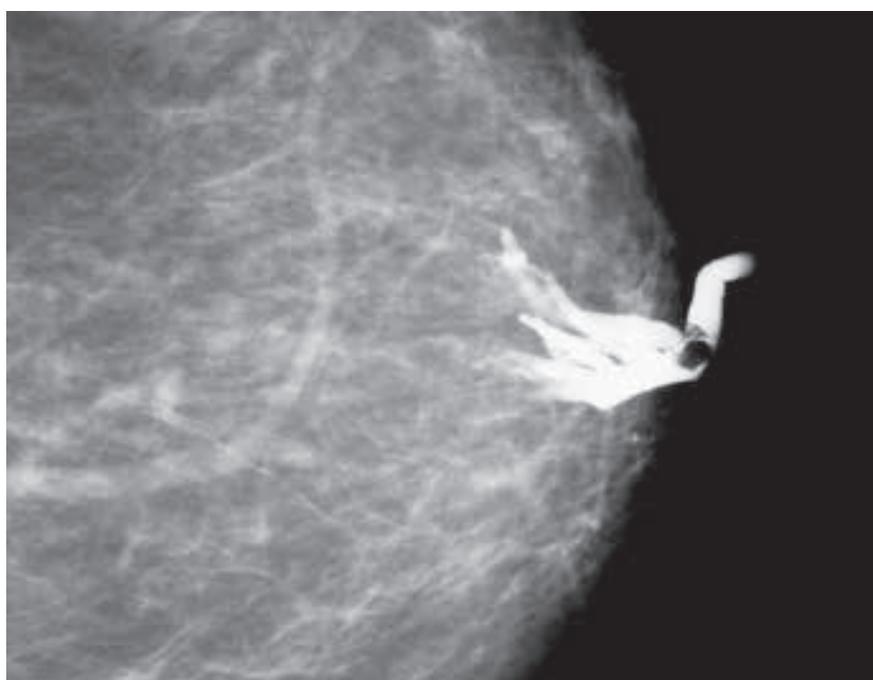
Figura 11
Papila mamária de frente e de perfil



Fonte: Dalke, 2012.

A gordura subcutânea mamária possui espessura variável e circunda o cone parenquimatoso, porém não o isola completamente. Pode ser encontrado epitélio ductal imediatamente abaixo da derme, o que impossibilita uma erradicação total do tecido mamário. Notar dilatação dos ductos lactíferos com falha de enchimento no interior (Figura12).

Figura 12
Exame de ductografia demonstrando ductos lactíferos logo abaixo da pele

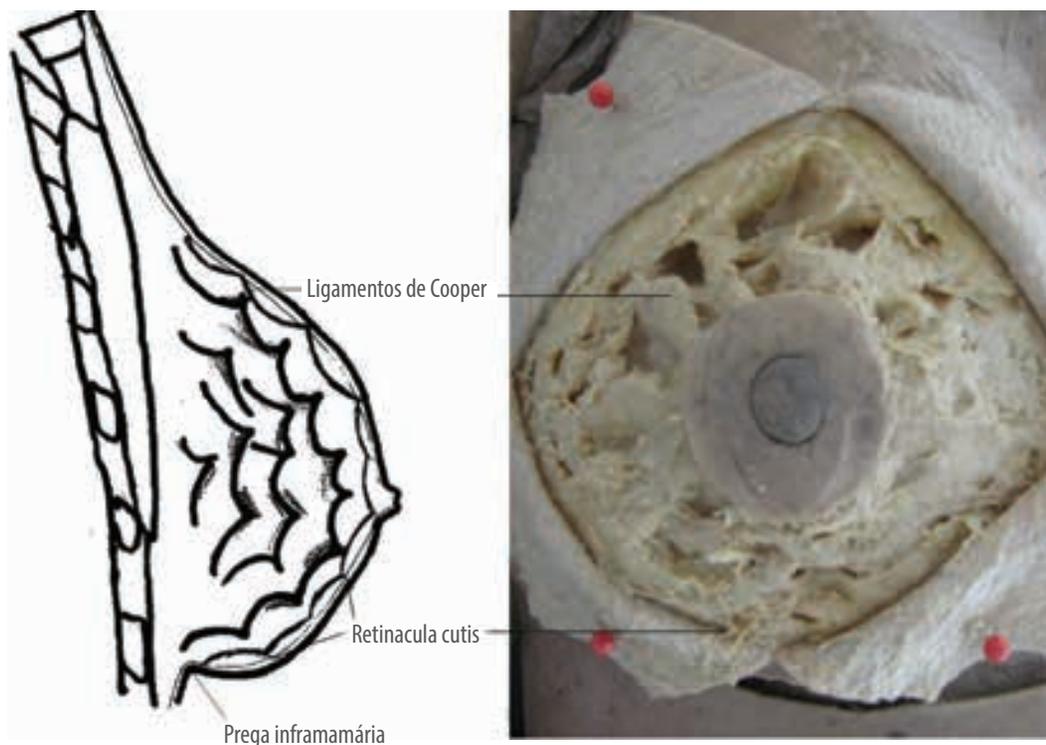


Fonte: Clínica ImaX, Curitiba, [s/d].



Os ligamentos de Cooper são estruturas fibrosas (Figura 13). Atravessam, sustentam e dividem a mama em compartimentos de maneira incompleta. Esses ligamentos se sobrepõem e projetam formas irregulares e espiculadas. Suas extensões superficiais são conhecidas como *retinacula cutis* e dão sustentação primária às mamas, conectando-as à pele².

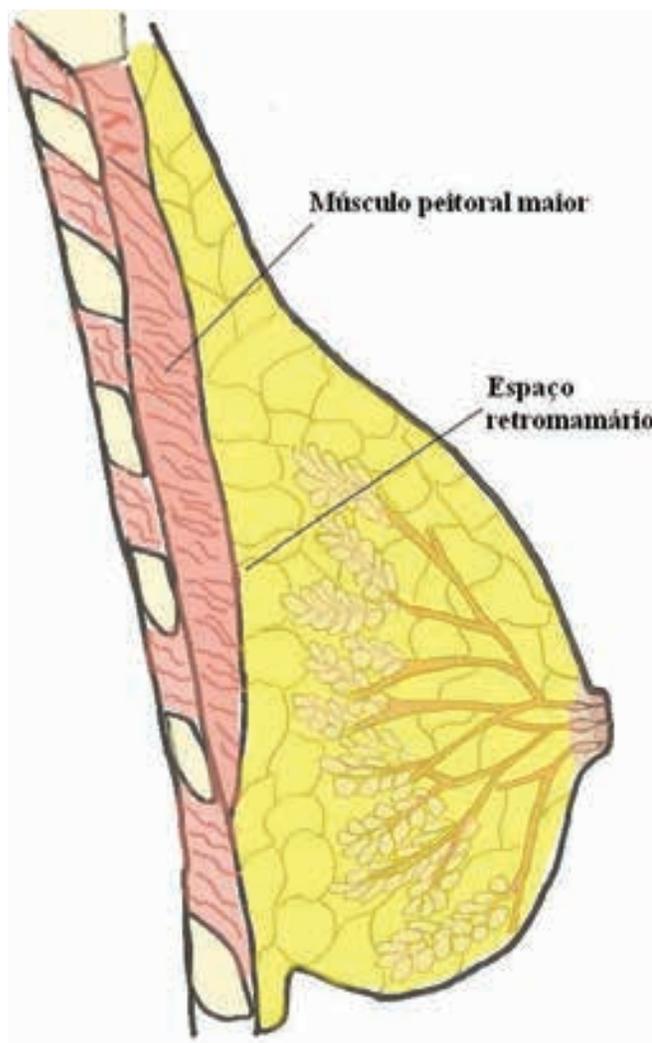
Figura 13
Ligamentos de Cooper e prega inframamária



Fonte: Dalke, 2012 ; Acervo da UFPR, Depto. de Anatomia, 2012.

O espaço retromamário – bolsa adiposa de Schassagnac (Figura 14) – é constituído por tecido adiposo e separa a glândula mamária do plano muscular localizado na parede anterior do tórax. Na mamografia, sua identificação demonstra que o tecido mamário foi mobilizado anteriormente, para longe da parede torácica⁶.

Figura 14
Espaço retromamário demonstrado em corte sagital da mama



Fonte: Dalke, 2012.

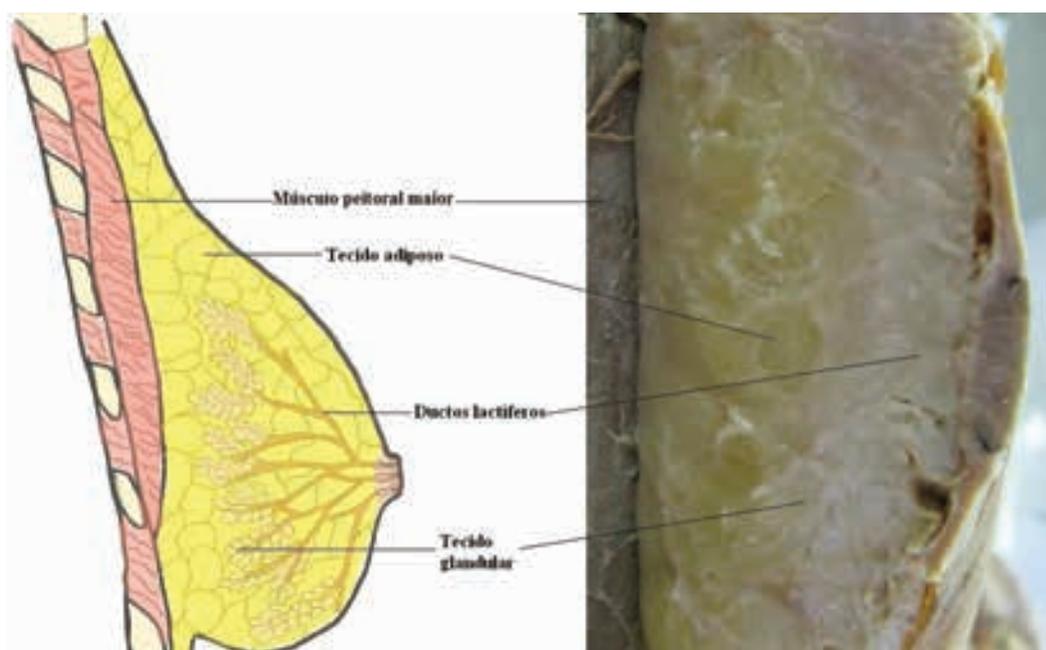
O músculo peitoral maior é espesso e possui a forma de um leque. Está situado na parede torácica anterior, em sua porção superior. Sua ação permite flexionar, aduzir e girar o braço medialmente¹.

O parênquima mamário curva-se ao redor da margem lateral do músculo peitoral maior; logo, a orientação deste músculo é importante para um bom posicionamento radiográfico⁶.



O músculo peitoral menor é delgado e possui forma triangular. Está localizado na porção mais cranial do tórax, profundamente ao músculo peitoral maior. Estende-se do terceiro ao quinto arcos costais e insere-se no processo coracoide da escápula. Sua ação permite tracionar a escápula ventral e caudalmente¹. Ocasionalmente pode ser visto na projeção em médio lateral oblíqua (MLO), como um segundo triângulo na porção superior da região axilar, acima do músculo peitoral maior, no canto do filme.

Figura 15
Anatomia mamária

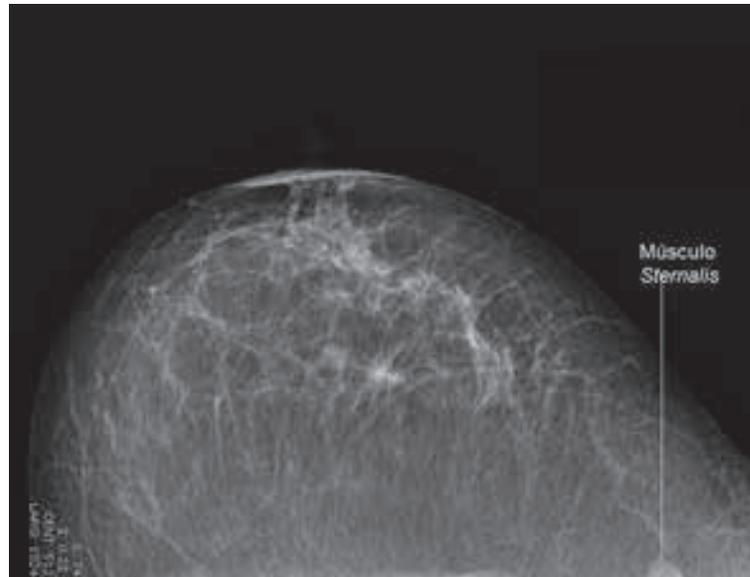


Fonte: Dalke, 2012; Acervo da UFPR, Depto. de Anatomia, 2012.

O músculo *sternalis* (Figura 16) pode ser visto como uma estrutura radiopaca, em forma de chama, quase que completamente separada da parede torácica. Esse músculo é visto em 4% a 11% da população e corre paralelamente ao esterno. Pode ser uni ou bilateral e parece não possuir importância funcional. Quando presente pode ser visto na incidência em craniocaudal (CC), na porção medial da mama². O conhecimento dessa variação anatômica é importante para que não seja confundida com uma lesão.



Figura 16
Exame de mamografia na incidência em craniocaudal demonstrando o aspecto do músculo *sternalis*

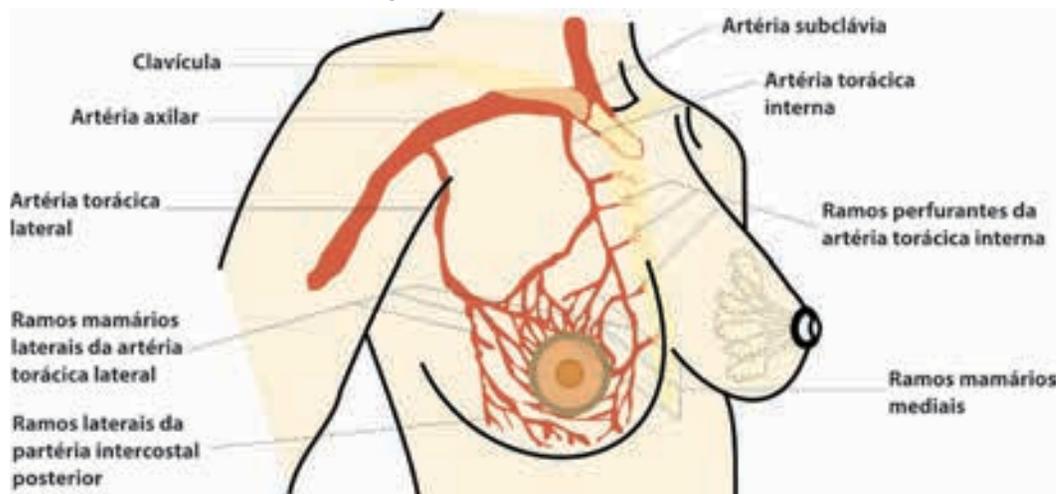


Fonte: Clínica ImaX, Curitiba, [s/d].

O suprimento arterial das mamas é realizado pelos seguintes vasos (Figura 17)¹:

- Quadrante superolateral (QSL) – artéria torácica lateral, ramo da artéria axilar.
- Porções centrais e mediais da mama – ramos perfurantes da artéria torácica interna.
- Tecidos laterais – ramos das artérias intercostais.

Figura 17
Suprimento arterial mamário

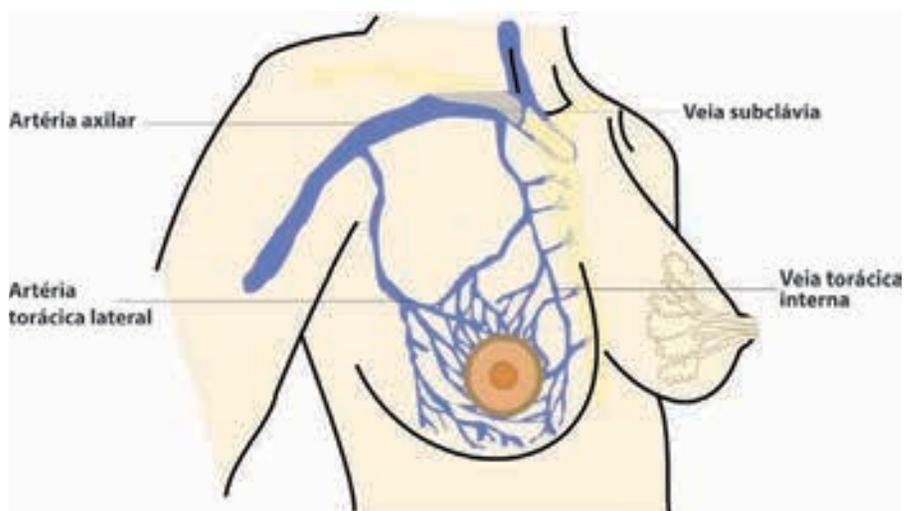


Fonte: Dalke, 2012.



A drenagem venosa mamária é realizada pelas veias axilares, torácicas internas e intercostais¹, proporcionando três grandes rotas para a metástase hematogênica (Figura 18).

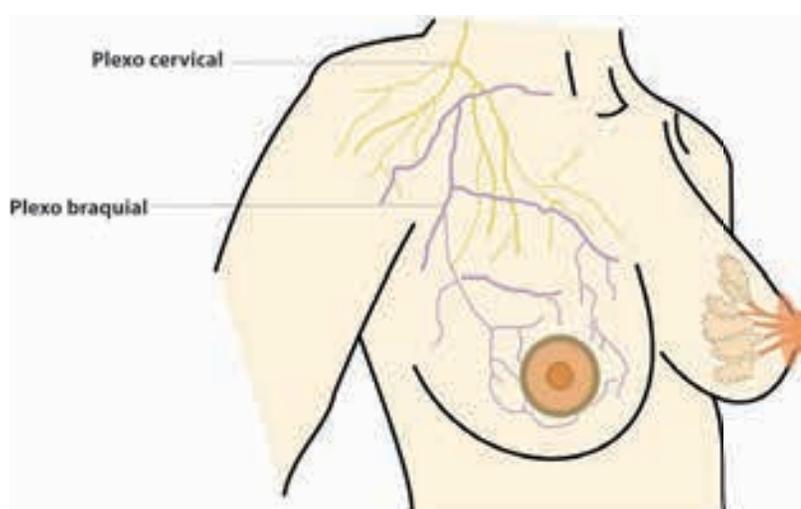
Figura 18
Drenagem venosa da mama



Fonte: Dalke, 2012.

A inervação da região superior das mamas é realizada pelo 3º e pelo 4º ramos do plexo cervical e da região inferior mamária, por ramos do plexo braquial 6 (Figura 19).

Figura 19
Inervação mamária



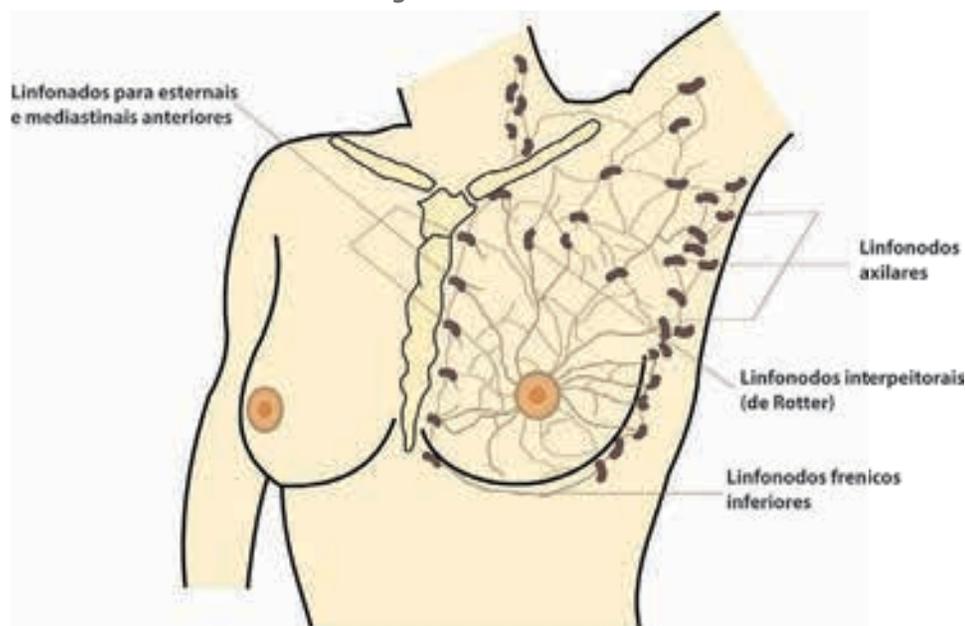
Fonte: Dalke, 2012.

A drenagem linfática mamária (Figura 20) é realizada por vasos linfáticos que se originam em um plexo nos espaços interlobulares, nas paredes dos



ductos lactíferos e em um plexo subareolar. Um ou dois gânglios linfáticos da mama, localizados na região axilar, promovem sua drenagem primária e o comprometimento ou não desses linfonodos, por células cancerígenas, são importantes para uma decisão terapêutica. Esses linfonodos são conhecidos como linfonodos sentinelas⁶.

Figura 20
Drenagem linfática mamária

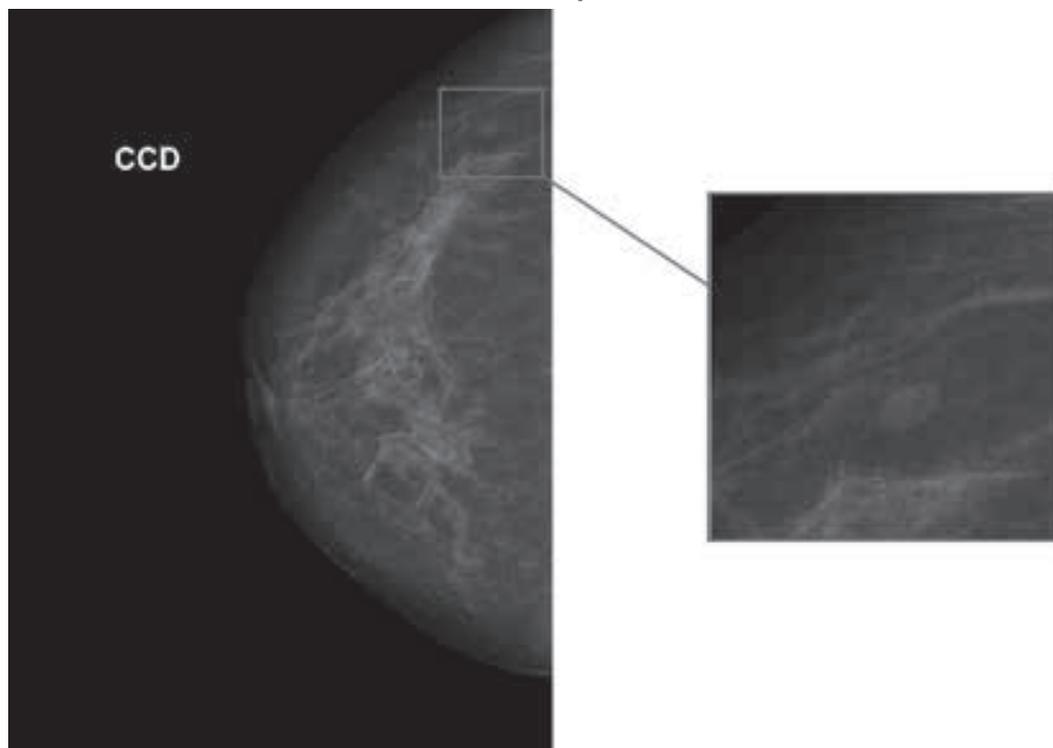


Fonte: Dalke, 2012.

Linfonodos intramamários podem ser observados em aproximadamente 5% das mulheres, nos exames de mamografia, e não possuem importância clínica (Figura 21). Esses linfonodos são observados nas porções laterais das mamas e mais comumente nas porções superiores do que nas inferiores².



Figura 21
Exame de mamografia na incidência craniocaudal: linfonodo intramamário de aspecto normal



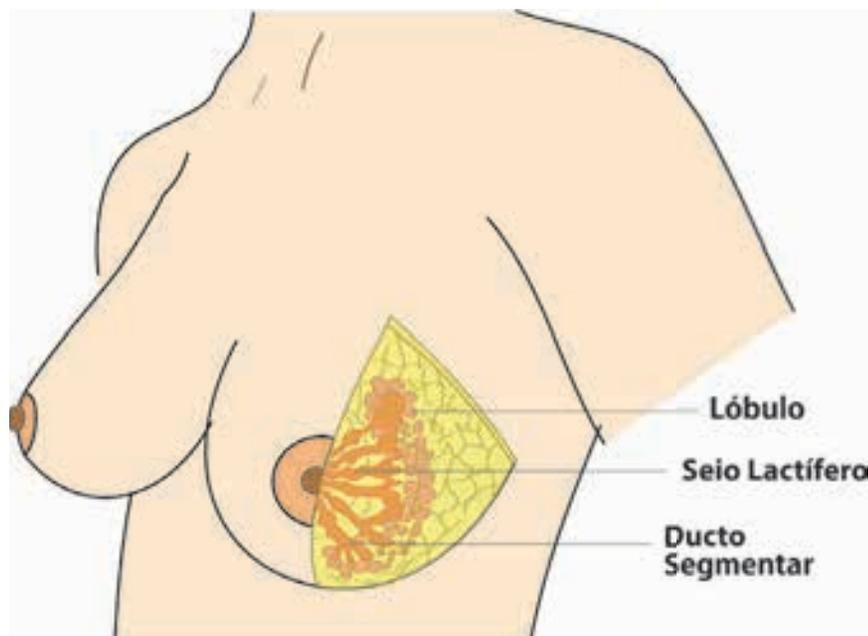
Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto.

4.3 Anatomia Segmentar (Mesoscópica) da Mama

Os ductos mamários principais são estruturas tubulares que possuem dilatações em suas porções próximas às papilas mamárias denominadas seios lactíferos. Os ductos principais ramificam-se em ductos segmentares e estes em ductos terminais ou distais. Os ductos terminais acabam em um agrupamento de ductos com terminações cegas, formando uma coleção de ácinos – que é definida como um lóbulo² (Figura 22).



Figura 22
Estruturas mamárias: lóbulo, seios lactíferos e ductos segmentares da mama



Fonte: Dalke, 2012.

O ducto extralobular terminal é o ramo final do ducto segmentar quando este entra no lóbulo.

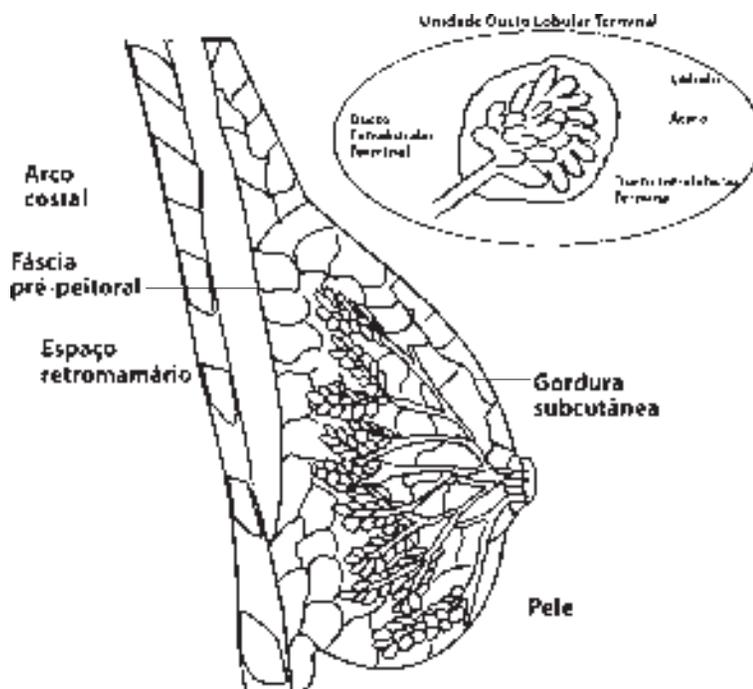
O ducto intralobular terminal é a porção do ducto terminal dentro do lóbulo.

A Unidade Ducto Lobular Terminal (UDLT) é a unidade glandular (Figura 23), estrutura mais importante da mama, formada pelo ducto extralobular terminal e pelo lóbulo (conjunto de ácinos). É na UDLT que o leite é produzido.

O volume e a região drenada por cada rede de ductos são extremamente variáveis e podem se ramificar em quadrantes diferentes. Postula-se que a maioria dos cânceres de mama, assim como a maioria das doenças benignas, origina-se na UDLT².



Figura 23
Desenho da mama em corte sagital com destaque para o a unidade ducto lobular terminal



Fonte: Dalke, 2012.

4.4 Estruturas e Hormônios Envolvidos no Desenvolvimento das Mamas e na Lactação

A mama é um órgão dinâmico susceptível a flutuações hormonais cíclicas.

Durante a infância não há diferenças entre as mamas nos dois sexos. Estas são iniciadas durante a adolescência, devido ao estímulo hormonal^{2,7}.

A telarca precede a menarca. A partir de estimulação hormonal, os botões mamários aumentam tornando-se discos palpáveis sob as papilas mamárias. Os ductos crescem para trás e o desenvolvimento lobular começa.

O início dos eventos ocorre no hipotálamo, estrutura pertencente ao sistema nervoso central, localizada no diencéfalo. No hipotálamo, ocorre a liberação de um hormônio denominado hormônio liberador de gonadotropina (GnRH), que atua na região anterior da hipófise promovendo a síntese de hormônios hipofisários sexuais: o hormônio folículo estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH). Estes agem nos ovários promovendo, como resposta, a secreção de estrogênio e progesterona⁷.

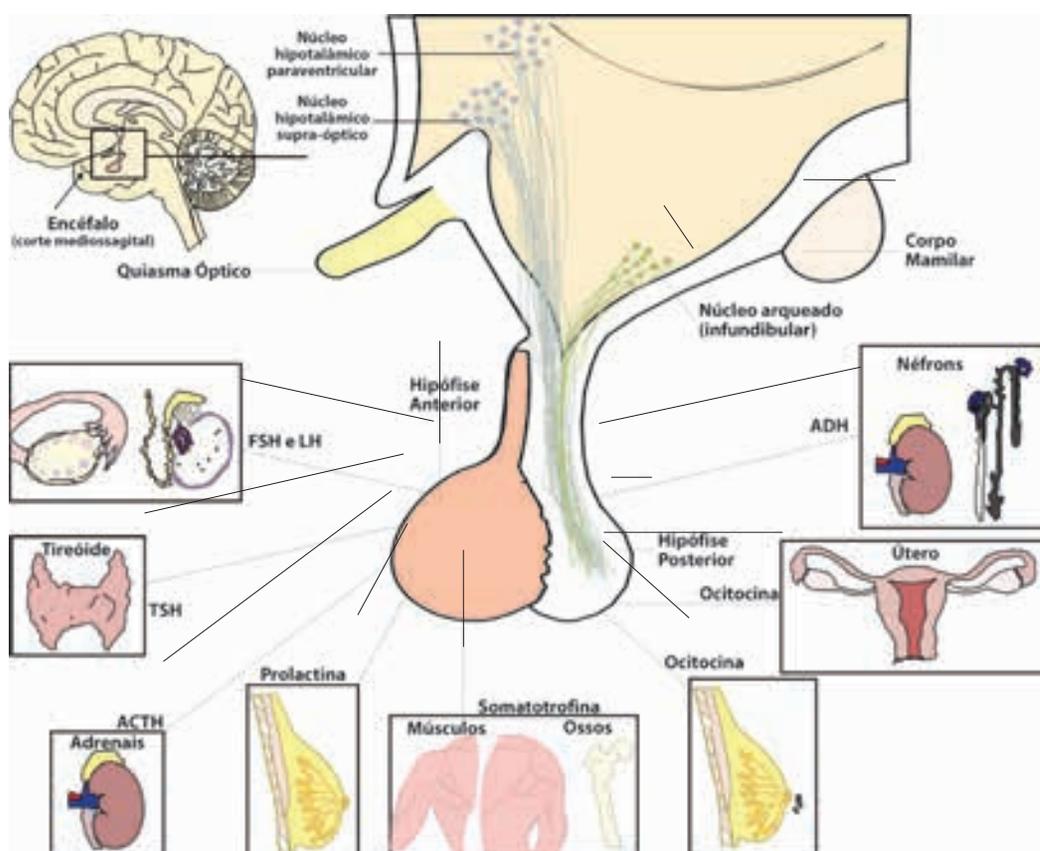
A prolactina é o hormônio que promove a secreção do leite; sua síntese ocorre na região anterior da hipófise.



A ocitocina é um hormônio produzido no hipotálamo (núcleos paraventriculares), sendo armazenada na região posterior da hipófise. Age nas células mioepiteliais que circundam as paredes externas dos alvéolos. Faz com que essas se contraiam ejetando o leite dos alvéolos para os ductos. O estímulo primário para a ejeção do leite é a sucção do complexo papiloareolar pelo lactente⁷.

O estrogênio e a progesterona são secretados em taxas diferentes, caracterizando um ciclo denominado ciclo sexual mensal da mulher, mais conhecido como ciclo menstrual. Mensalmente, em cada ciclo sexual feminino (duração média de 28 dias), há um aumento e uma diminuição tanto do FSH como do LH conferindo certa regularidade a esse ciclo⁷.

Figura 24
Desenho ampliado do hipotálamo e da hipófise demonstrando os hormônios hipofisários e seus locais de atuação no corpo humano



Fonte: Dalke, 2012.



4.5 Correlação entre o Ciclo Ovariano e as Alterações Teciduais Observadas na Mama

Fase proliferativa (3° ao 7° dia): primeira fase do ciclo. Há uma preponderância do FSH, promovendo o crescimento folicular ovariano. Nas mamas, microscopicamente, observa-se um aumento da taxa de mitose nas células acinares indicando proliferação celular. Nenhuma secreção é observada e os lóbulos são definidos como um manto celular denso^{2,7}.

Fase folicular (entre 8° e 14° dia): há uma redução na atividade mitótica das células acinares. Em torno do 14° dia há um pico de LH ocorrendo a ovulação^{2,7}.

Fase lútea (15° ao 20° dia): esta fase depende essencialmente do LH. Os ovários secretam grandes quantidades de progesterona e estrogênio (mais progesterona do que estrogênio). Aqui são observadas secreções nos ductos e os tecidos mamários tornam-se edemaciados pela congestão venosa, explicando o desconforto que algumas mulheres sentem antes da menstruação^{2,7}.

Fase menstrual (28° ao 2° dia): se não houver fecundação há involução do corpo lúteo. Ocorre, então, a menstruação. Na mama, cessa a secreção ativa e o ciclo repete-se^{2,7}.

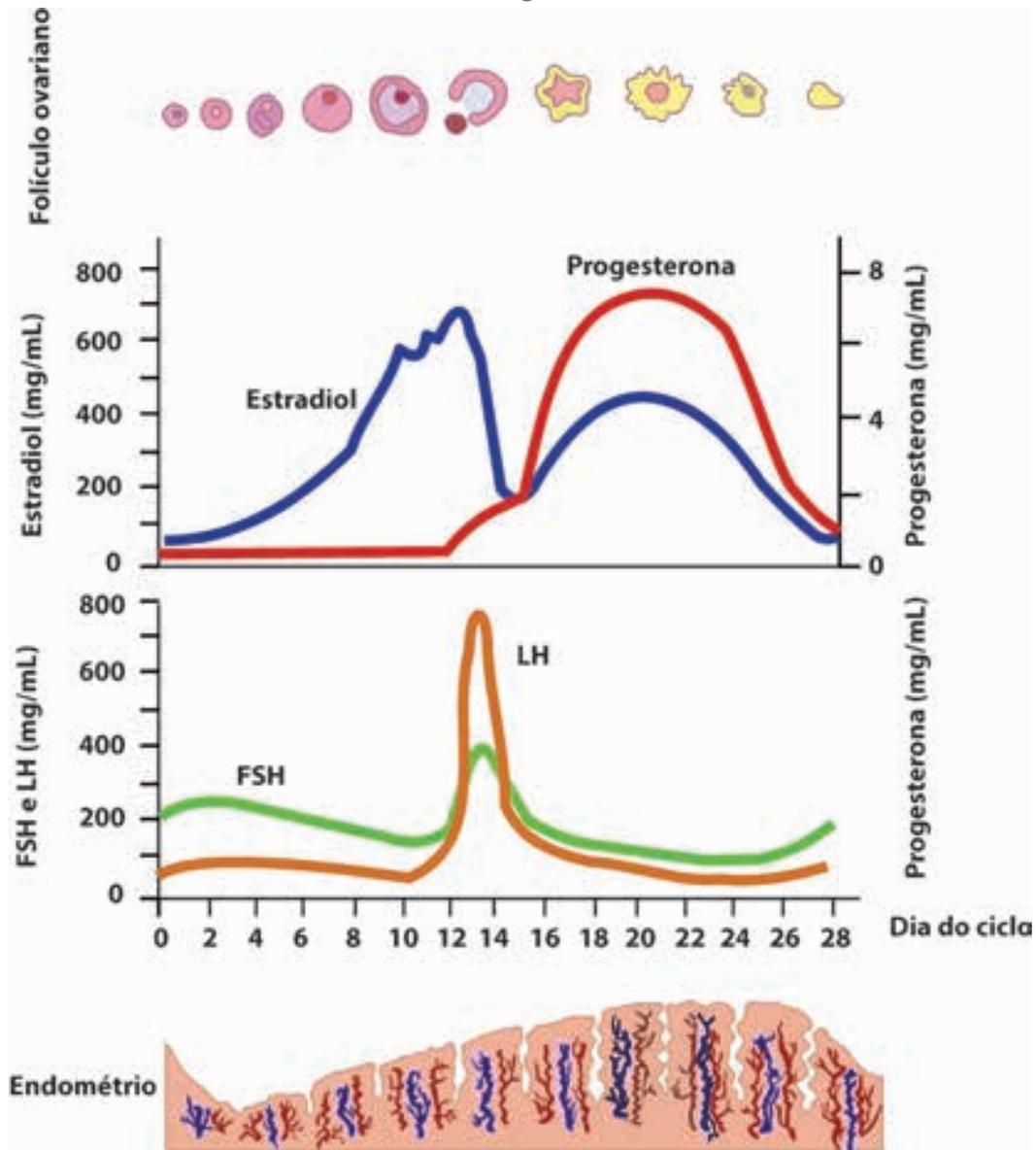
As alterações microscópicas acima descritas não foram documentadas claramente pelos métodos de imagem.

Alguns autores sugerem que a mamografia deva ser executada antes da ovulação. O objetivo é reduzir o desconforto durante a compressão mamária².

A Figura 25 demonstra esquema do desenvolvimento endometrial e do folículo ovariano a partir da ação dos hormônios gonadotróficos.



Figura 25
Desenvolvimento endometrial e do folículo ovariano sob ação dos hormônios gonadotróficos



Fonte: Dalke, 2012.

A involução mamária ocorre com a idade, porém o período exato no qual acontece ainda não está claro. O processo de involução não é uniforme, mas bastante variável entre mulheres da mesma idade. Alguns autores acreditam que a involução mamária começa no início da terceira ou da quarta décadas de vida. Outros acreditam que essas mudanças acontecem gradualmente, com o aumento da idade, mas não em todas as mulheres. Entre mulheres de 45 a 60 anos, parece haver uma aceleração desse processo².



Referências

- ¹ GOSS, Charles M. **Gray Anatomia**. 29. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.
- ² KOPANS, Daniel B. **Breast Imaging**. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- ³ COTRAN, R.S. et. al. **Patologia: bases patológicas das doenças**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- ⁴ MOORE, K.L.; PERSAUD, T.V.N. **Embriologia básica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- ⁵ HEYWANG–KOBRUNNER, Sylvia H. et al. **Mama: diagnóstico por imagem: correlação entre mamografia, ltrassonografia, ressonância magnética e procedimentos intervencionistas**. Rio de Janeiro: Revinter, 1999.
- ⁶ AGUILAR, V.; BAUAB, S.; MARANHÃO, N. **Mama: diagnóstico por imagem: mamografia ultrassonografia ressonância magnética**. Rio de Janeiro: Revinter, 2009.
- ⁷ GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

Glossário

Abduzir: abrir em relação ao plano sagital mediano do corpo.

Aduzir: fechar em relação ao plano sagital mediano do corpo.

Caudal: inferior.

Derme: camada cutânea que se segue, em profundidade, à epiderme (camada celular superficial). A derme e a epiderme juntas constituem a pele.

Diencéfalo: parte constituinte do encéfalo que liga o mesencéfalo com os hemisférios cerebrais. Formado pelas estruturas anatômicas que delimitam o terceiro ventrículo: tálamo, metatálamo, hipotálamo, subtálamo e epitálamo.

Ectoderma: a mais externa das camadas germinativas primárias do embrião. Derivam dela: a epiderme; as unhas; os pelos; o sistema nervoso; os órgãos externos dos sentidos e as membranas mucosas da boca e do ânus.

Endoderma: a mais interna das três camadas germinativas primárias do embrião. Dela derivam: o epitélio da faringe e o restante do tubo digestivo, a bexiga e a uretra.



Fáscia: bainha ou faixa de tecido fibroso que está situada em profundidade, em relação à pele.

Fáscia: faixa de tecido fibroso situada profundamente em relação à pele. Pode revestir músculos e vários tecidos do corpo.

Feto a termo: feto com idade entre 37 e 42 semanas.

Ginecomastia: é o nome dado ao crescimento das mamas nos homens devido a desequilíbrios hormonais.

Glândula: conjunto de células que secretam substâncias que não se relacionam com suas necessidades usuais.

Glândulas apócrinas: são glândulas especializadas, grandes e ramificadas, que esvaziam seu conteúdo na porção superior do folículo piloso (não diretamente na pele).

Gravidez a termo: gravidez completa.

Hipotálamo: parte do diencefalo. Controla vários processos vitais, vários associados ao sistema nervoso autônomo (regulação da temperatura corporal, balanço hídrico, apetite etc.).

Lóbulo: conjunto de ácinos ou alvéolos.

Menarca: primeira menstruação.

Mesoderma: a camada média das três camadas germinativas primárias do embrião, da qual derivam: tecido conjuntivo; tecido ósseo; tecido cartilaginoso; tecido muscular e o sangue.

Mitose: divisão celular onde os núcleos celulares originados possuem o mesmo patrimônio genético das células genitoras.

Núcleos paraventriculares: um dos vários núcleos que constituem o hipotálamo. Nele é produzido o hormônio ocitocina.

Telarca: início do desenvolvimento das glândulas mamárias.

Ventral: anterior.





5 Câncer de Mama

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*

5.1. Introdução

O câncer de mama é a segunda doença maligna mais comum entre as mulheres. Mulheres que chegam aos 90 anos de idade possuem uma chance em oito de desenvolverem câncer de mama^{1,2}.

O câncer de mama inicia-se em células da unidade ducto lobular. Uma célula alterada, potencialmente agressiva, origina uma célula filha que se opõe ao sistema de defesa do organismo hospedeiro^{1,3}.

As células cancerígenas que ficarem confinadas dentro do ducto não podem causar morte, pois o câncer só se torna letal quando desenvolve a capacidade de lesar a parede do ducto e invadir o tecido circundante, ganhando acesso a vasos sanguíneos e linfáticos. Por meio desses vasos, espalham-se para outros órgãos (metástases), onde crescem e alteram suas funções^{1,3}. De acordo com o tamanho do tumor e de sua disseminação, foi sugerida, em 1950, pelo Subcomitê de Registros de Casos de Câncer e Apresentação Estatística, da Organização Mundial da Saúde (OMS), a prática de se dividirem os casos de câncer em grupos, uma vez que as taxas de sobrevida eram maiores nos casos em que a doença estava confinada ao órgão de origem¹. Dessa maneira, surgiu o termo estadiamento – que é fundamental no delineamento terapêutico. Esse termo se refere ao tamanho do tumor e à extensão de sua disseminação local e à distância¹. Existem vários métodos de estadiamento, sendo o TNM (*Classification of Malignant Tumours*, T = Tamanho do tumor primário, N = comprometimento de linfonodos, M = metástase) o método citado pelo Instituto Nacional do Câncer (INCA).

O desenvolvimento e o crescimento do câncer de mama são variáveis e aparentemente influenciados pelo comportamento biológico do tumor e, também, por fatores ambientais e de susceptibilidade de cada indivíduo¹.

* Médica Radiologista. Membro Titular do Colégio Brasileiro de Radiologia. Membro Titular da Sociedade Brasileira de Radiologia. Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Mestre em Medicina pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia.



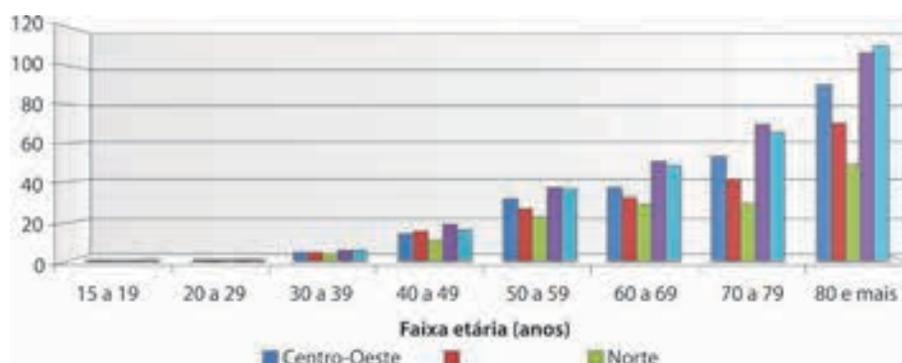
5.2 Fatores de Risco para o Desenvolvimento do Câncer de Mama

Em estudos epidemiológicos foram identificados fatores de risco comuns para o desenvolvimento do câncer mamário em mulheres. Vejamos a seguir quais são eles:^{1,2,3,4,5,6}.

5.2.1 Sexo e Idade

Sexo e idade são os dois fatores de risco mais importantes. São provas disso o fato de apenas 1% dos cânceres de mama incidir em homens e o câncer de mama aumentar com o avanço da idade. É raro na segunda década de vida e apenas 0,3% dos cânceres de mama ocorre em mulheres com menos de 30 anos de idade. A incidência começa a aumentar por volta dos 35 anos de idade. As taxas de mortalidade por câncer de mama são maiores na faixa etária acima de 80 anos (Figura 1).

Figura 1
Taxas de mortalidade por câncer de mama, por 100 mil mulheres, segundo faixa etária e regiões brasileiras no ano de 2008



Fonte: Sistema de Informação sobre Mortalidade; Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Ministério da Saúde/Instituto Nacional do Câncer/Conprev/Divisão de Informação.

5.2.2 Influência Hormonal: Idade da Menarca e da Menopausa

Hormônios esteroides (estrogênios e progesterona) estão entre os fatores promotores mais importantes no desenvolvimento do câncer mamário. A ação desses hormônios está diretamente relacionada à fase de amadurecimento e diferenciação da unidade ducto lobular, sendo dois os períodos na vida feminina em que há maior vulnerabilidade para o desenvolvimento dessa doença. O primeiro período está compreendido entre os 10 anos de idade e a primeira gestação a termo. O segundo acontece na pós-menopausa. Nessa época ocorre um desequilíbrio hormonal que pode levar a um estímulo da atividade proliferativa celular com conseqüente desenvolvimento tumoral. Os estrogênios são



os principais agentes estimuladores da proliferação celular mamária. Sabe-se que seu estímulo é maior quando atua sinergicamente com a progesterona. Foi demonstrado que o número de ciclos menstruais ovulatórios possui relação direta com o risco de aparecimento do câncer de mama. Mulheres que tiveram a menarca antes dos 11 anos de idade possuem fator de risco aumentado em 20% quando comparadas àquelas que a tiveram após os 14 anos. Mudanças comportamentais, em relação ao padrão reprodutivo das mulheres, levaram a uma redução da prole e do tempo de aleitamento materno. No passado as mulheres menstruavam em média 50 vezes. A mulher moderna menstrua, aproximadamente, 350 vezes.

5.2.3 Idade da Primeira Gestação a Termo

A primeira gestação a termo em mulheres com menos de 18 anos de idade diminui em duas vezes o fator de risco para o desenvolvimento do câncer de mama, se comparado àquele observado nas mulheres nulíparas ou naquelas que tiveram sua primeira gestação a termo após os 30 anos. Especula-se que a maturação mamária só ocorra após a primeira gestação a termo, quando há o completo desenvolvimento das unidades ducto lobulares terminais. Uma gravidez precoce, levada a termo, reduziria o tempo da atividade mitótica celular. Desta maneira, haveria redução na susceptibilidade a danos causados por agentes potencialmente genotóxicos. Acredita-se que a proteção de uma gravidez possa estar relacionada à ação de hormônios placentários como a gonadotrofina coriônica e o estriol (única fração estrogênica quase desprovida de atividade mitótica).

Um a dois anos após a menarca, os brotos terminais diferenciam-se em lóbulos, que passam a ser classificados em tipos I, II e III, assim caracterizados:

- lóbulo tipo I: o ducto terminal possui de 4 a 10 dúctulos e maior celularidade;
- lóbulo tipo II: o ducto terminal possui em média 40 a 50 dúctulos por lóbulo;
- lóbulo tipo III: existem 80 a 90 dúctulos por lóbulo.

As mamas das mulheres nulíparas têm uma maior proporção de lobos indiferenciados, do tipo I; estes não passaram pelo processo de diferenciação celular, possuindo uma maior concentração de células epiteliais passíveis de transformação neoplásica. As mulheres multíparas que desenvolveram câncer na pré-menopausa, apresentavam predomínio de lóbulos tipo I, em que há maior sensibilidade a fatores genotóxicos e mutações. Geralmente, mulheres multíparas possuem predominância de lóbulos tipo III: são mais refratárias à carcinogênese.



5.2.4 História Familiar e Hereditariedade

Toda mulher possui algum grau de risco para o desenvolvimento do câncer mamário. Os fatores relacionados a esse desenvolvimento podem ser classificados como:

a) Esporádicos ou não hereditários: nesses cânceres as características genéticas não são herdadas. De 90% a 95% dos tumores malignos da mama são não hereditários e acontecem em idade mais avançada.

b) Hereditários ou familiares: nesses cânceres a predisposição genética é herdada ao nascimento. Respondem por 5% a 10% dos cânceres de mama. Possuem tendência à bilateralidade e ao acometimento de mulheres mais jovens.

A carcinogênese acontece em três etapas: iniciação, promoção e progressão. Essas são uma sequência de eventos que ocorrem no DNA nos quais fatores de promoção, que eventualmente resultem em células malignas, proliferam de forma irrestrita. Para que o tumor se desenvolva, todas essas etapas deverão ser vencidas³. Os mecanismos iniciadores do câncer mamário são dois: (a) perda da ação de genes supressores, que exercem função reguladora (este evento é mais frequente); e (b) ativação de proto-oncogenes.

Nos tumores hereditários os genes supressores mais comumente mutados são o BRCA1 e o BRCA2. O primeiro favorece o aparecimento do câncer de mama e de ovário e o segundo está relacionado ao câncer de mama, tanto na mulher quanto no homem.

5.2.5 História Prévia de Câncer de Mama

Mulheres que já desenvolveram um carcinoma mamário possuem maior risco para o desenvolvimento de um segundo câncer de mama em relação àquelas que não tiveram essa doença previamente.

5.2.6 Atipias Proliferativas

Hiperplasias epiteliais atípicas (ductais ou lobulares) aumentam o risco de desenvolvimento de câncer mamário em cinco vezes. Quando esses achados estão associados a uma história familiar positiva, em que há histórico de câncer de mama em indivíduos com parentesco de primeiro grau, o fator de risco aumenta em 11 vezes.

5.2.7 Exposição à Radiação Ionizante

A energia liberada a partir da radiação ionizante produz radicais livres que podem causar dano ao DNA. Esse risco está diretamente relacionado à dose de radiação e à idade na qual ocorreu a exposição. Quanto maior a dose de radiação e menor a idade, maior o risco.



5.2.8 Outros Fatores de Risco

Alguns fatores parecem contribuir para o desenvolvimento do câncer de mama, embora ainda não estejam confirmados. Outros são fracamente associados.

- **Contraceptivos Orais:** alguns autores afirmam que estes, quando usados por mais de quatro anos em mulheres nulíparas, podem aumentar o fator de risco; porém, vários estudos não conseguiram corroborar essa assertiva^{1,4}.

- **Terapia de Reposição Hormonal (TRH):** é um assunto controverso. Em um estudo prospectivo, o grupo que usou hormônio aumentou seu risco em 30% quando comparado ao grupo das não usuárias. Porém, naquelas que o usaram por dez anos, mas de maneira descontinuada, não houve aumento do grau de risco. Outro estudo demonstrou que, se a reposição hormonal for utilizada por vários anos, há um aumento no grau de risco para o desenvolvimento do câncer de mama de 1,3 a 1,9 vezes. Porém, esse autor argumenta que os benefícios para os sistemas cardiovascular e osteoarticular superam esse discreto aumento. Um grande estudo randomizado demonstrou que uma fórmula que combine estrogênio com progesterona aumenta o risco de uma mulher ser diagnosticada com câncer de mama. Alguns autores questionam se essa combinação de hormônios seria um fator desencadeante do processo de malignidade ou se ajudaria a desenvolver mais rapidamente um tumor já incipiente¹.

- **Obesidade:** em mulheres na pré-menopausa a obesidade está relacionada a uma diminuição do risco. Especula-se que esse fato esteja relacionado a um maior número de ciclos anovulatórios. Já na mulher pós-menopausa há discreto aumento no grau de risco. Sugere-se que isso possa estar relacionado à conversão de androgênio em estrogênio pelo tecido gorduroso.

- **Lactação:** o benefício da lactação estaria relacionado ao tempo de amamentação, muito provavelmente, devido ao período anovulatório que pode ocorrer durante esse espaço de tempo.

- **Consumo de álcool:** muitos estudos demonstraram um pequeno aumento do risco em mulheres que consomem álcool, mesmo quando apenas uma dose diária é ingerida. A taxa de risco foi elevada em 1,4 a 1,7 em consumidoras quando comparadas a não consumidoras. O uso de folato foi preconizado para minimizar esse risco.

5.3 Classificação do Câncer Mamário

As neoplasias malignas da mama possuem apresentação clínica e de imagem bastante heterogênea, assim como seu comportamento biológico. Isso pode ser explicado pela variedade dos tecidos e alterações genéticas envolvidas em cada tipo histológico. Mais de 95% dos cânceres mamários são adenocarcinomas. Estes são divididos em carcinomas *in situ* e em carcinomas



invasivos^{1,2}. Há também uma classificação genética, decorrente dos genes relacionados ao desenvolvimento do tumor, sendo classificados como de maior ou menor risco.

5.3.1 Carcinoma *in situ*

Carcinomas *in situ* são aqueles nos quais as células malignas estão confinadas à membrana basal dos ductos e lóbulos. É importante salientar que nem todos os carcinomas *in situ* irão evoluir para a forma invasiva³. Com o exame de rastreamento houve um aumento na detecção desses tumores de 5% para, aproximadamente, 15% a 30%. O aspecto de imagem mais comumente observado é o de calcificações⁸ e, menos comumente, o de área radiopaca. As calcificações estão frequentemente associadas à necrose central, denominada comedonecrose. A formação de massa palpável e a observação de imagem radiopaca estão relacionadas a alterações teciduais periductais³. A proporção de carcinomas *in situ* detectados depende da porcentagem das mulheres que realizaram rastreamento mamográfico. Variam de 5% em populações não investigadas a quase 50% em populações bem investigadas¹.

5.3.2 Carcinoma Invasivo ou Infiltrante

Carcinomas invasivos ou infiltrantes são aqueles em que as células neoplásicas penetram a membrana basal e acometem o estroma. Representam de 70% a 85% dos cânceres de mama. Quase sempre, por ocasião do diagnóstico, são detectados como massa palpável. Esses tumores podem estar associados a metástases linfonodais axilares em mais de 50% dos casos. Grandes tumores podem invadir a parede torácica ou causarem retrações da pele ou da papila mamária^{1,2,3}. Os principais sítios de metástases a distância em ordem decrescente são os ossos, os pulmões e pleuras, o fígado e mais raramente o cérebro, ovários e pele³. Em 10% a 15% das mulheres com câncer de mama, as metástases desenvolvem-se nos três primeiros anos após a detecção do tumor. Em outras, podem surgir até 20 anos após o diagnóstico primário. Isso ocorre, segundo alguns autores, devido aos diferentes genes envolvidos na gênese tumoral³.

5.3.3 Classificação Genética

A classificação genética é realizada com base no envolvimento de certos genes. Estes, quando hiperativos ou hiperexpressos, estão envolvidos na proliferação celular, invasão local e angiogênese. É um fator independente de predição da evolução da doença, que, segundo alguns autores, é mais confiável que os critérios de classificação convencionais. Em termos práticos, estão



relacionados à apresentação clínica, ao comportamento biológico e à resposta terapêutica dos tumores malignos da mama. Por exemplo, genes que expressam receptores hormonais, os chamados RE+, ou seja, receptor de estrogênio positivo, estão associados a melhor prognóstico. Indivíduos com câncer de mama que possuem HER 2 (receptores de fatores de crescimento epidermal humano – HER) possuem menor expectativa de vida³.

Referências

- 1 KOPANS, Daniel B. **Breast Imaging** 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- 2 COTRAN, R.S., KUMAR, V., ROBBINS, S.L. **Patologia: bases patológicas das doenças**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- 3 AGUILLAR, V.; BAUAB, S.; MARANHÃO, N. **Mama: diagnóstico por imagem: mamografia, ultrassonografia, ressonância magnética**. Rio de Janeiro: Revinter, 2009.
- 4 HEYWANG-KOBRUNNER, Sylvia H. et al. **Mama: diagnóstico por imagem: correlação entre mamografia, ultrassonografia, ressonância magnética, tomografia computadorizada e procedimentos intervencionistas**. Português (Brasil) Rio de Janeiro: Revinter, 1999.
- 5 DUFLOTH, R. M. et al. Analysis of BRCA1 and BRCA2 mutations in Brazilian breast cancer patients with positive family history. **Med. J.**, São Paulo, v. 123, n. 4, p. 192-197, 2005.
- 6 BRASILEIRO FILHO, G. Bogliolo. **Patologia geral**. Rio de Janeiro: Guanabara, Koogan, 2004.
- 7 BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional do Câncer. Vigilância do câncer e fatores de risco. **Atlas de mortalidade por câncer**. Disponível em: <<http://mortalidade.inca.gov.br/Mortalidade/prepararModelo04.action>>. Acesso em: 26 set. 2011.
- 8 MARTINS, L. A. L.; BARRA, A. A; Lucina, C. E. M. Microcalcificações Mamárias Suspeitas de Malignidade. **Revista brasileira de cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 2, p. 251-258, 2010.
- 9 GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. **Tratado de fisiologia médica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.



Glossário

Angiogênese: formação de vasos.

Androgênios: qualquer hormônio esteróide que tenha efeitos masculinizantes.

Anovulatório: relativo à ausência de ovulação.

Estrogênio e progesterona: hormônios produzidos nas mulheres pelos ovários sob o estímulo dos hormônios gonadotrópicos produzidos pela porção anterior da hipófise (neuro-hipófise).

Hiperplasia endotelial: crescimento exagerado das células que recobrem superfícies corporais tanto internas quanto externas.

Mutações: transformações, modificações.

Nulípara: mulher que nunca pariu.

Oncogenes: genes que, ao se expressarem, são responsáveis pelo aparecimento de um câncer.

Proto-oncogenes: genes ativos que, quando adequadamente regulados, não provocam transtorno do crescimento celular. Podem se tornar oncogenes quando há mutação ou aumento da expressão gênica, estimulando o crescimento celular.

Radical livre: molécula muito reativa por apresentar elétrons não emparelhados no orbital externo. Podem iniciar reações em cadeia que levam à formação de novos radicais, aumentando sua capacidade de produzir lesões.

Randomizado: aleatório.

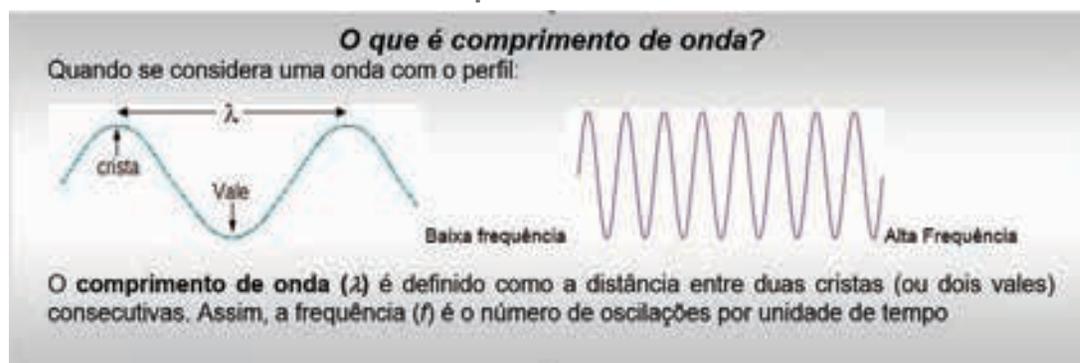


6 Propriedades Físicas dos Tecidos da Mama

Tânia Aparecida Correia Furquim*

A radiação é emitida por uma fonte em forma de energia e sua propagação ocorre independente da existência do meio. Pode ser descrito de acordo com o comprimento de onda (λ), energia (E) que carrega e a frequência (f).

Figura 1
Comprimento de onda



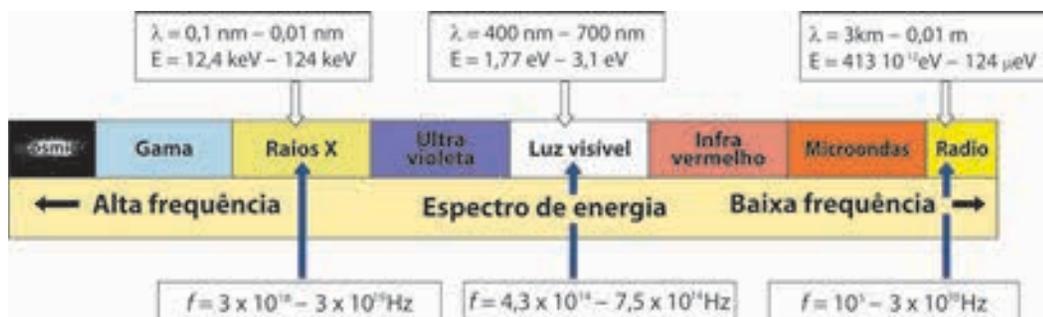
Fonte: Autoria própria, 2012.

De acordo com a energia que carrega, a radiação pode se classificar conforme mostra a Figura 1, de acordo com o comprimento de onda (λ), energia (E) e frequência (f) declarados.

* Física Médica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Doutora em Tecnologia Nuclear – Aplicações (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – SP), mestre em Biofísica (Instituto de Física da USP), especialista em Radiologia Diagnóstica (Associação Brasileira de Física Médica).



Figura 2
Espectro das ondas eletromagnéticas, com valores quantificados do comprimento de onda (λ), energia (E) e frequência (f) para raios X, luz visível e ondas de rádio



Fonte: : Autoria própria, 2012.

Os raios X são chamados de radiação ionizante, por ter energia suficiente para retirar elétrons de moléculas, criando íons. Assim, percebe-se que há uma interação da radiação com a matéria que atravessa.

Atenuação é a redução da intensidade de um feixe de raios X quando atravessam um dado meio e deve-se ao espalhamento e à absorção que resulta da interação dos fótons com os átomos do meio. E obedece à lei exponencial:

$$I = I_o \cdot e^{-\mu x}$$

onde I_o e I são as intensidades antes e após o feixe de raios X atravessar um material de espessura x , com o coeficiente de atenuação linear μ .

O coeficiente de atenuação linear, μ , é definido como a fração de fótons removida de um feixe de raios X monoenergético por unidade de espessura de material:

$$n = \mu \cdot N \cdot \Delta x$$

onde: n = número de fótons removidos do feixe
 N = número de fótons incidentes no material
 Δx = espessura do material a ser atravessado

Os elementos de alto número atômico, Z , absorvem melhor o feixe de raios X em relação aos de baixo. Alguns exemplos podem ser vistos na Figura 2.



Tabela 1
Relação de alguns números atômicos de átomos facilmente encontrados nos tecidos humanos

Números atômicos mais altos	Números atômicos mais baixos
Cálcio (Z = 20)	Hidrogênio (Z = 1)
Bário (Z = 56)	Carbono (Z = 6)
Iodo (Z = 53)	Oxigênio (Z = 8)
OSSOS	TECIDOS MOLES

Fonte: Autoria própria, 2012.

Os tecidos glandulares, adiposos e fibrosos, normais ou patológicos, apresentam propriedades de atenuação da radiação X muito próximas, pois sua composição química, como mostram as Tabelas 1 e 2 é típica de “tecido mole”, com números atômicos pequenos e próximos.

Tabela 2
Composição elementar dos tecidos adiposo e glandular da mama e densidade^{1,2}

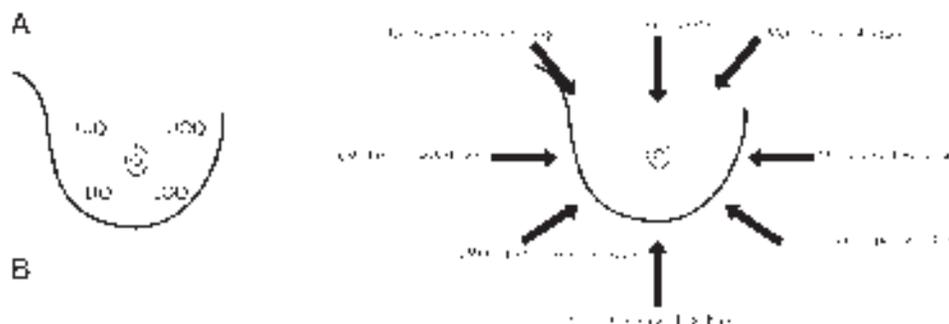
Tecido	H (1)	C (6)	% em peso N (7)	O (8)	Minerais
Adiposo	11,2 - 11,4	49,1 - 69,1	0,7	18,9 - 35,7	0,3
Glandular	10,2 - 10,6	10,8 - 33,2	3,0	52,7 - 75,9	0,5

Fonte: Autoria própria, 2012.

As composições e as densidades dos tecidos que compõem a mama são diferentes e este fato reflete na absorção e no espalhamento dos fótons de raios X. O equipamento mamográfico deve fornecer uma qualidade de feixe de radiação X capaz de distinguir bem cada parte anatômica da mama, pois o CM geralmente tem seu início no quadrante externo superior da mama (Figura 3) e depois se fixa à parede torácica e/ou se estende à pele. Assim, as unidades mamográficas são projetadas, mecânica e eletronicamente, para encontrar condições radiográficas e necessidades de posicionamento adequado à obtenção da melhor imagem da mama e com a menor dose à paciente.



Figura 3
Posições da imagem da mama com as direções A. do mostrador de um relógio (esquerda), B. dividida em quadrantes: interno superior (*upper inner quadrant – UIQ*), externo superior (*upper outer quadrant – UIQ*), interno inferior (*lower inner quadrant – LOQ*) e externo inferior (*lower outer quadrant – LOQ*)³ e C. algumas direções de compressão para obtenção da imagem⁴



Fonte: Modificado das referências 3 e 4.

Os mamógrafos diferem dos equipamentos radiográficos convencionais em vários aspectos, pois utilizam energias de radiação mais baixas para distinguir estes tecidos moles. Para tanto, precisam de imagens de alta resolução e poder visualizar sinais sutis de CM prematuro com baixa dose de radiação ao paciente. A Figura 3 apresenta alguns tipos de tecidos encontrados na mama com seus respectivos coeficientes de atenuação linear e densidades.

Percebe-se que há diferenças entre os coeficientes de atenuação lineares (Tabela 3): isto ocorre devido à densidade e ao número atômico. Na faixa de energia mamográfica, a seção de choque devido ao efeito fotoelétrico é a maior contribuição para a seção de choque total, e essa seção de choque varia aproximadamente com a quarta potência do número atômico.

A partir da Tabela, percebe-se que as calcificações atenuam muito mais que os tecidos glandulares (parênquima – lobos e ductos). Nos mamogramas, a atenuação de cada componente da mama fornece um tom de cinza diferente e, de acordo com o contraste, mais estruturas podem ser identificadas.

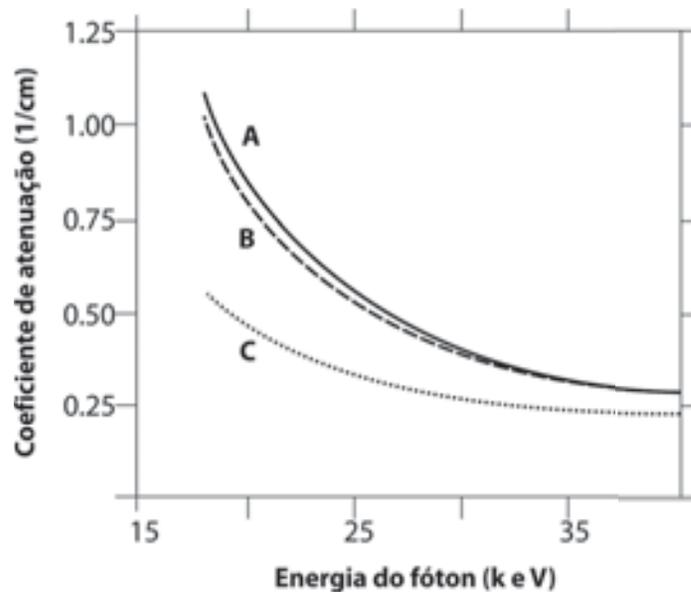
Tabela 3
Densidade e coeficiente de atenuação dos tecidos encontrados na mama^{1,5}

Tipo de tecido	Densidade (g/cm ³)	Coefficiente de atenuação linear em 20 keV (cm ⁻¹)
Adiposo	0,95	0,45
Glandular	1,02	0,80
Carcinoma	1,045	0,85
Pele	1,09	0,80
Calcificação	2,2	12,5

Fonte: Autoria própria, 2012.



Figura 4
Dependência dos coeficientes de atenuação lineares com a energia do fóton, para os três tipos de tecidos da mama: A. Carcinoma ductal invasivo, B. tecido fibroso e C. tecido adiposo²



Fonte: Modificada da referência 2.

Referências

- ¹ DANCE, D. R., SKINNER, C. L., CARLSSON, G. A. breast dosimetry. *Applied Radiation and Isotopes*, New York, v. 50, p. 185-203, 1999.
- ² LAW, J. et al. *The commissioning and routine testing of mammographic X-ray systems: Report n° 59*. 2. ed. York: The Institute of Physical Sciences in Medicine (IPSM), 1994.
- ³ WENTZ, G., PARSONS, W. C. *Mammography for radiologic technologists*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1997.
- ⁴ KOPANS, D. B. *Breast Imaging*. 2. ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1998.
- ⁵ GABBAY, E. Mammography X-ray source. In: HAUS, A. G., YAFFE, M. J. *Syllabus: a categorical course in physics. Technical aspects of breast imaging*. 3. ed. Oak Brook: Radiological Society of North America (RSNA), 1994. p. 57-61.





7 O Equipamento Mamográfico

Tânia Aparecida Correia Furquim*

7.1 Desenvolvimento dos Equipamentos Mamográficos

Imediatamente após a descoberta dos raios X, em 1895, por Wilhelm Conrad Röntgen, houve grande interesse de sua aplicação em diversas áreas da Medicina. No estudo de doenças da mama, por exemplo, essa nova técnica foi utilizada de forma significativa pelo dr. Albert Salomon, um cirurgião da Universidade de Berlim, em 1913, que utilizou os raios X para radiografar 3 mil amostras de mamas mastectomizadas. Desta forma, ele descobriu e classificou os diversos tipos de tumores mamários.

Pode-se dizer que o interesse em se tratar as enfermidades mamárias passava, nesta época, pela possibilidade de detectá-las precocemente, utilizando as técnicas disponíveis ou adaptando-as, baseados no que acontecia com outras áreas da Medicina.

Em 1930, o dr. Stafford Warren, nos Estados Unidos, começou a estudar a possibilidade de se radiografar pacientes vivas, porém a tecnologia existente na época não possibilitava a obtenção de imagens com boa qualidade diagnóstica, o que levou ao desprezo pela ideia. Dr. Warren utilizava fatores técnicos que indicavam uma proximidade com o que é utilizado hoje: 50 a 60kVp, 70mA, 2,25s e 63,5cm de distância fonte imagem.

* Física Médica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Doutora em Tecnologia Nuclear – Aplicações (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – SP), mestre em Biofísica (Instituto de Física da USP), especialista em Radiologia Diagnóstica (Associação Brasileira de Física Médica).

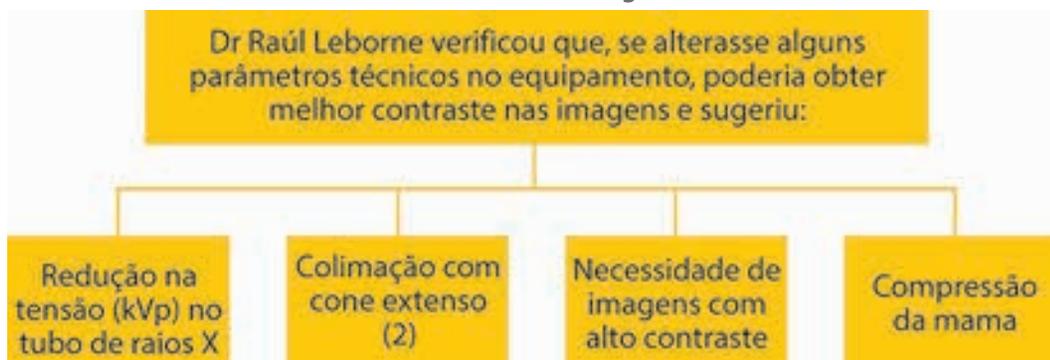


Por que as técnicas radiológicas precisavam ser mudadas em relação às técnicas que eram utilizadas na radiologia convencional?

Porém, em 1947, o dr. Joseph Gershon-Cohen, da Filadélfia, retomou o interesse pela mamografia. Então, começou a associar imagens radiológicas com a anatomia e com as patologias da mama. Era difícil persistir no estudo, uma vez que a qualidade técnica das imagens não se reproduzia¹.

Outros estudos ajudaram a convergir para o estabelecimento da ideia de se obter mamografias reprodutíveis e com qualidade, como foi o trabalho do dr. Raúl Leborne, no Uruguai, que percebeu a presença de microcalcificação em alguns tipos de tumores de CM.

Figura 1
Sugestões do dr. Raúl Leborne para obtenção de melhores contrastes nas imagens



Fonte: Autoria própria, 2012.

Nos Estados Unidos, em 1956, o dr. Robert Egan e os radiologistas do M. D. Anderson Hospital e do Hospital and Tumor Institute, assinaram um acordo para verificar o valor clínico da mamografia. Assim, além de reforçarem a ideia do dr. Leborne, houve um avanço importante para o surgimento do primeiro equipamento dedicado à obtenção de imagens diagnósticas da mama. As principais conclusões de seu estudo são:

1. Otimização do equipamento de raios X para radiografar tecidos moles, tais como a mama, alterando-se:

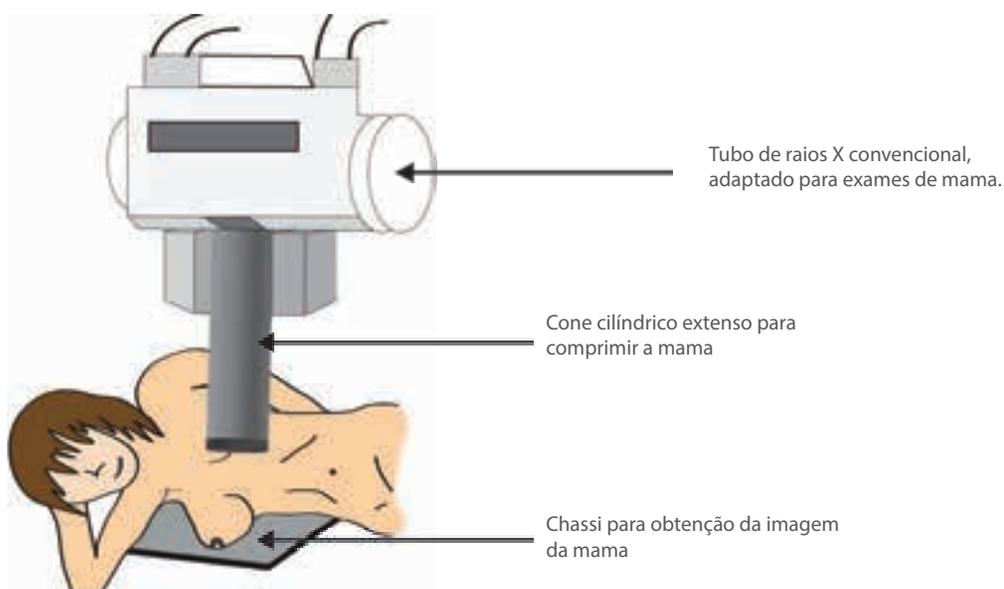
- a. **Filtração:** limitada à filtração inerente do tubo (aproximadamente 1mm Al);
- b. **Tensão (kVp):** fornecer valores abaixo de 30kVp. Os fatores de exposição típicos eram 300mA, 6s, 26 a 28kVp.
- c. **Distância foco-filme:** 46cm, e as extremidades indo de 51cm a 102cm; e
- d. **Cone cilíndrico:** Adaptação de um cone cilíndrico extenso foi utilizada para reduzir radiação espalhada (Figura 2).



2. Utilização de um processamento dedicado e de um tipo de filme adequado:

- a. **Filme:** um tipo industrial, com grãos extremamente finos, ajudou a obter mais detalhe;
- b. **Chassi:** o filme era colocado em um receptor com cartolina e chumbo na parte de trás;
- c. **Processamento:** era manual, com tempo de revelação muito longo, acima de 7,5 minutos, bem como os tempos de fixação e lavagem. Reforçou-se a necessidade de utilização de soluções frescas e limpas.

Figura 2
Cone cilíndrico inserido em um equipamento de raios X convencional adaptado para obtenção de imagens da mama



Fonte: Scolastici, 2012.

3. Necessidade de treinamento dos radiologistas e dos técnicos em Radiologia:

- a. **Técnicos:** Posicionamento adequado e técnicas necessárias à otimização da qualidade da imagem; e
- b. **Radiologistas:** Cursos de uma semana pelo dr. Egan.

A maior contribuição do dr. Egan foi a ênfase dada à equipe de mamografia, que retribuiu se esforçando para entender que a atenção a todos os detalhes era imperativo para obter a alta qualidade de imagem necessária para a mamografia.

Na década de 1960, o professor C. M. Gros, na França, introduziu dois novos conceitos à cadeia de obtenção de imagem mamográfica em filme:



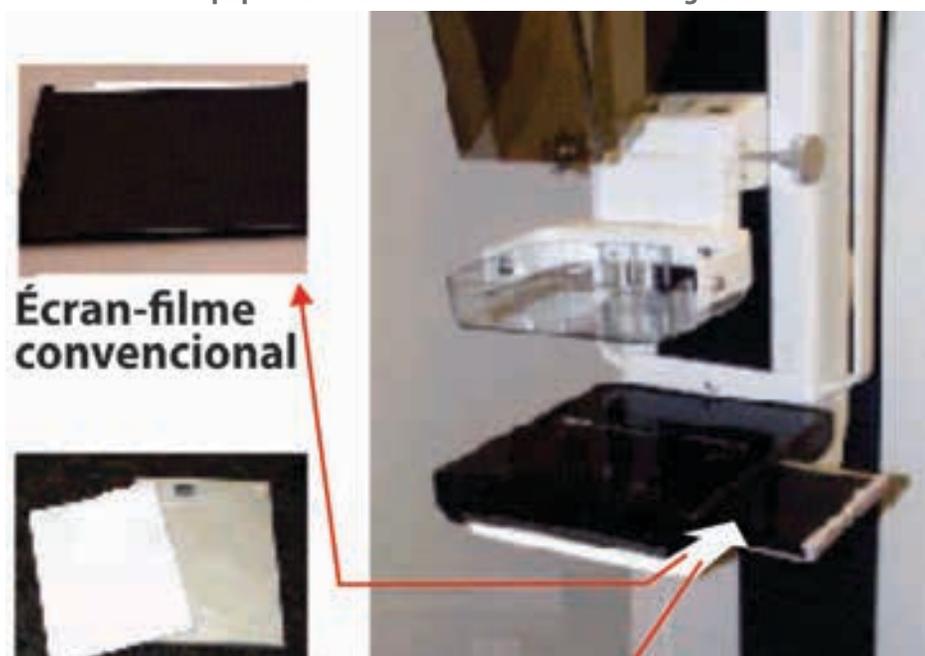
- a. O **alvo** do tubo de tungstênio (W) foi trocado pelo de molibdênio (Mo). Demonstrou que a radiação característica resultante do alvo de Mo melhorava o contraste entre a arquitetura sutil da mama: tecido adiposo, calcificações e tecido parenquimal;
- b. Aplicação de uma vigorosa **compressão** enquanto a mama era exposta, o que separava os tecidos para fornecer uma espessura uniforme e ajudava a reduzir o movimento da paciente.

Apesar de estes passos proporcionarem maior qualidade da imagem; a dose na pele da paciente aumentou, se comparada com a técnica do dr. Egan. Mesmo assim, o professor Gros e a Compagnie Générale de Radiologie (CGR), na França, começaram a desenvolver a primeira unidade dedicada à mamografia. O Senographe® I (Figura 3) foi introduzido no encontro da Radiological Society of North America (RSNA) em 1967 e tinha as seguintes características inovadoras:

- a. **Sustentação do tubo de raios X:** uma configuração de arco-em-C girante que apoiava o tubo e o porta-chassis. As pacientes podiam ser avaliadas eretas ou recostadas;
- b. **Tubo de raios X:** resfriado a água e com anodo estacionário de molibdênio;
- c. **Janela do tubo:** berílio, em lugar do vidro;
- d. **Ponto focal:** 0,7mm, em lugar de 1,5 a 2,0mm que havia antes;
- e. **Gerador:** com seleção de parâmetros (tensão de aceleração de elétrons, corrente e tempo), de exposição manual;
- f. **Colimação:** cones permutáveis de várias formas e tamanhos que minimizavam a radiação espalhada; e
- g. **Compressão:** um pedaço de plástico foi colocado à parte baixa do cone para comprimir a mama durante a exposição.



Figura 3
Esquema do GE Senographe® I, apresentado na RSNA, em 1967, foi o primeiro equipamento de raios X dedicado à mamografia



Fonte: Capeleti, 2012.

Várias melhorias e inovações ocorreram a partir deste primeiro equipamento, mas o maior passo rumo ao novo equipamento aconteceu no ano de 2000, quando a General Electric Medical System, nos Estados Unidos, introduziu o primeiro mamógrafo digital (*full-field*), depois de aprovado para uso clínico pela Food and Drug Administration (FDA)².

7.2 Evolução dos Receptores de Imagem

Em 1972, o Albert Einstein Medical Center, na Filadélfia, solicitou à E. I. Du Pont de Nemours & Co., em Wilmington, Delaware, que desenvolvesse um novo filme mamográfico. O filme tipo industrial foi substituído quando a Du Pont introduziu seu filme e écran *LoDose* no mercado, fazendo surgir a primeira geração de filme e écran dedicados à mamografia.

A introdução do filme mamográfico *LoDose* influenciou todos os demais fabricantes de filmes a desenvolverem um filme de alta qualidade que reduziria a dose à paciente. Assim, surgiram outras gerações dos receptores de imagem como mostra o Quadro 1.

A introdução de novas combinações écran-filme e de equipamento de mamografia dedicado resultou em uma redução de dose à paciente que parecia inatingível. Os fatores de exposição foram reduzidos drasticamente sem diminuição da qualidade da imagem.



Estes avanços técnicos possibilitaram uma detecção prematura do CM, dando uma sobrevida às pacientes e avanços no tratamento das enfermidades diagnosticadas.

Quadro 1
Evolução das gerações de filmes e de écrans dedicados à mamografia^{1,3}

	1ª geração	2ª geração	3ª geração
Fabricante	Du Pont, 1972 – écran-filme <i>LoDose</i>	⇒ Kodak, 1976 – écran-filme Min-R; ⇒ Filme AGFA Mammoray; ⇒ Filme Sakura C + écran Min-R	1978, écran-filme: ⇒ Filme Kodak Ortho M + écran Min-R; ⇒ Filme NMB + écran Min-R; ⇒ Filme Du Pont MRF 31 + écran <i>LoDose</i> 2.
Características	a. Ampla latitude; b. Alta resolução; c. Baixa dose; d. Baixo ruído; e. Maior nitidez; f. Camada antiauréola.	a. Redução de dose na exposição; b. Aumento na velocidade (15 vezes maior que o Kodak Industrex M); c. Redução da kVp utilizada; d. Redução do movimento da paciente; e. Redução da quantidade de calor produzido pelo tubo; f. Filme com emulsão única.	a. Redução de aproximadamente 50% da exposição à paciente; b. Aumento na velocidade, que permitiu maior flexibilidade nos fatores de exposição; c. Redução no tempo de exposição e no movimento da paciente; d. Por serem mais rápidos eram melhores para estudos de magnificação.

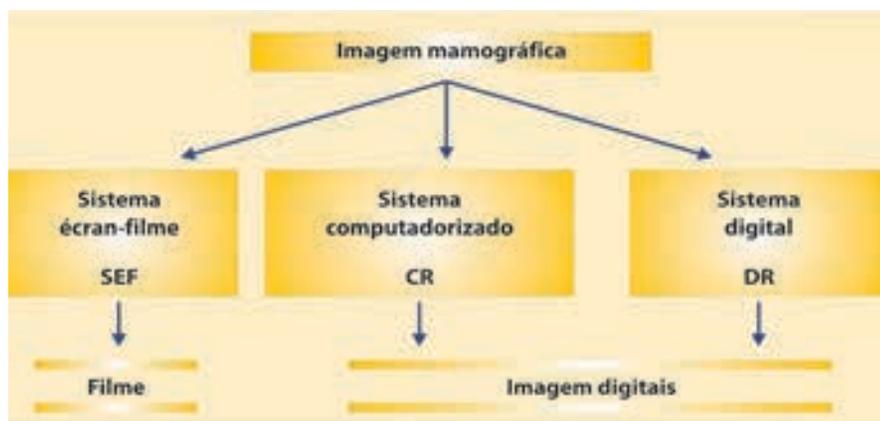
Fonte: Autoria própria, 2012.

7.3 Equipamentos Mamográficos

Atualmente, pode-se obter a imagem mamográfica a partir de equipamentos mamográficos que possuem detectores diferentes. Isso leva a formatos diferenciados das imagens finais, que podem ser apresentadas em filme ou em imagens digitais. O diagrama esquemático da Figura 4 mostra que a imagem mamográfica pode ser obtida a partir de um sistema écran-filme (SEF), sistema computadorizado (CR) e o sistema digital (DR).



Figura 4
Diagrama ilustrativo dos sistemas que obtém a imagem mamográfica, classificados de acordo com o formato final da imagem



Fonte: Autoria própria, 2012.

Os sistemas écran-filme (SEF) são os que utilizam um equipamento para a geração dos raios X que passam pela paciente e o detector utilizado para registrar a imagem mamográfica é o filme, colocado em um chassi dedicado a essa técnica, com um écran que contém uma tela intensificadora com uma única emulsão.

Os sistemas que produzem imagens digitais, o computadorizado (CR) e o digital (DR), diferem entre si pela maneira como produzem a imagem após o feixe de raios X interagir com a mama da paciente. O CR utiliza uma placa de imagem (PI, do inglês *Imaging Plate* = IP), que é um fósforo fotoestimulável, isto é, estimulável pela luz, dentro de um chassi que é colocado em um equipamento idêntico ao utilizado no SEF. Quando o feixe de raios X interage com essa placa, um processo físico faz com que se forme a imagem latente, que é recuperada a partir do estímulo com um feixe *laser*, no comprimento de onda de cerca de 660nm (luz vermelha). Já o sistema digital não precisa de um chassi, pois converte a imagem formada pelos raios X, quando passa pela mama, em sinais elétricos para formar a imagem digital, sem a necessidade de se levar o chassi para processar a imagem.

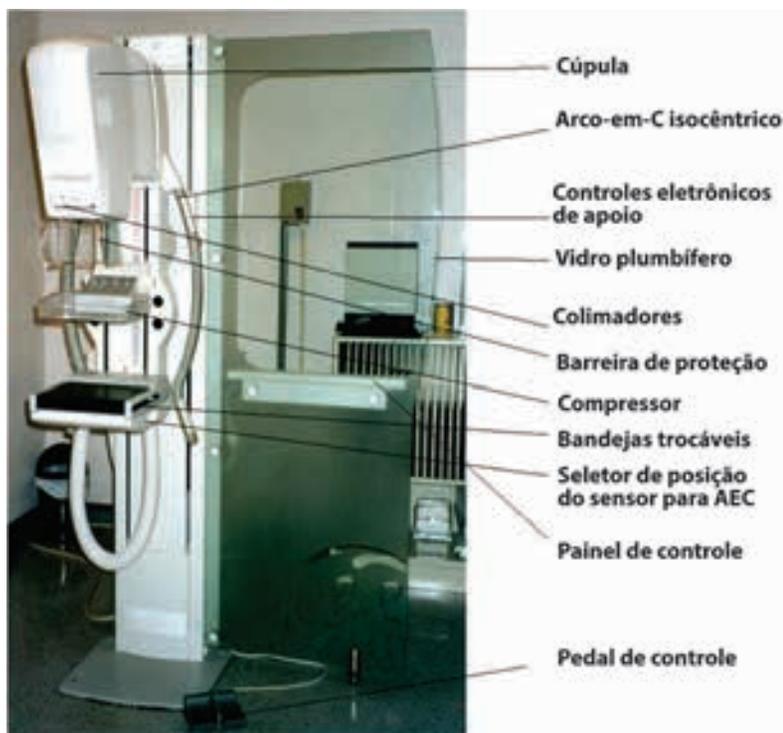
Cada um desses sistemas mamográficos aplica uma tecnologia diferente para formar a imagem, e isto será visto em detalhes nos itens que se seguem.

7.3.1 Sistema écran-filme

Sistema mamográfico completo, o mamógrafo (Figura 5), inclui um gerador de raios X, um tubo de raios X e um meio de registro da imagem, neste caso, o filme.



Figura 5
Foto de um equipamento mamográfico Senographe 700T, GE instalado; e a indicação de suas partes principais



Fonte: Aatoria própria, 2005.

A. Gerador de raios X

O gerador de raios X modifica a tensão (na rotina chamado pelo nome da unidade kV) e a corrente (mA) de entrada para fornecer ao tubo de raios X a energia necessária para produzir um feixe de raios X. Os geradores de raios X para mamógrafos geralmente são de alta frequência, isto é, convertem uma faixa de 50 a 60 Hz de frequência de entrada a uma frequência de saída de cerca de 100kHz. Os geradores de alta frequência, que têm transformadores menores e mais eficientes, fornecem uma tensão livre de ripple (ondulação) e constante ao tubo de raios X.

Os departamentos de mamografia têm equipamentos que possuem algumas características relacionadas aos geradores:

- faixa estreita de tensão: de 20 a 40kVp em média, o que acentua as pequenas diferenças de densidade dos tecidos da mama;
- incrementos de 1kVp para esta faixa tal que a tensão possa ser ajustada para combinar as espessuras e as densidades das mamas das pacientes;
- produto corrente-tempo (conhecido na rotina pelo nome da unidade, mAs) de até 500 mAs, com exposições variando de 0,01 a 6,0s.

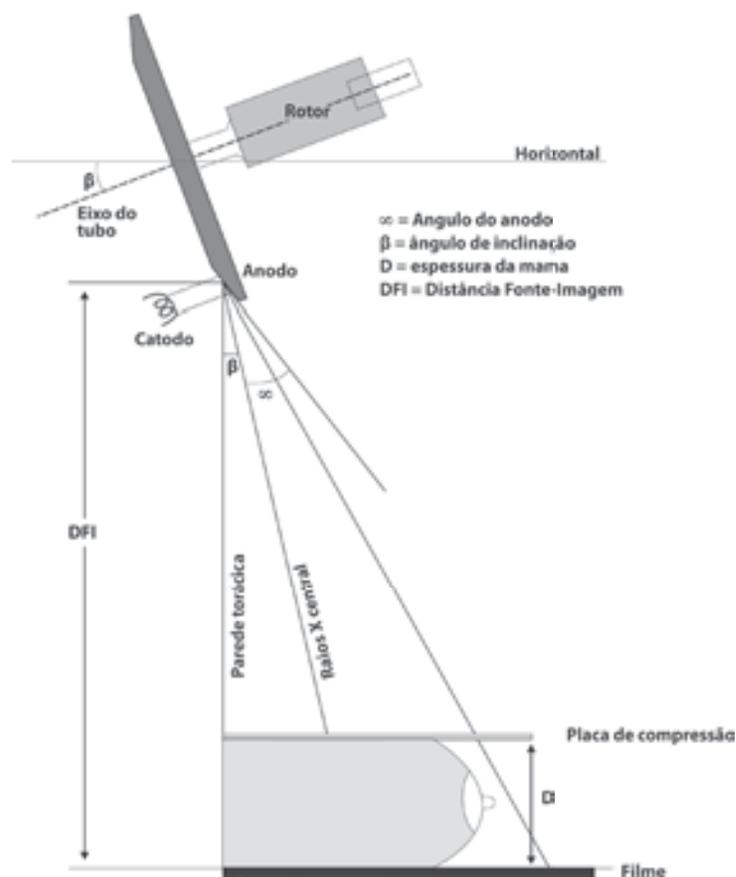


B. Tubo de raios X mamográfico

Os raios X são produzidos por um tubo a vácuo, contendo um *catodo* e um *anodo*. O tubo para mamografia possui uma geometria diferente dos tubos convencionais, uma vez que evita que o feixe de radiação X penetre na parede torácica da paciente (Figura 6). O catodo opera de forma semelhante aos equipamentos convencionais. O anodo pode ser formado por materiais como molibdênio (Mo), tungstênio (W) ou ródio (Rh):

- Mo: tem a vantagem de produzir fótons com energias mais baixas tanto por radiação característica (17,4 keV e 19,5keV) quanto por radiação de freamento (15 keV a 20keV);
- W: produz uma proporção maior de fótons mais energéticos, porém o contraste na imagem é pior do que o Mo quando se utiliza valores de tensão baixos;
- Rh: tem ponto de fusão em temperaturas mais baixas em relação ao Mo e por isso deve ser utilizado em valores mais baixos de mAs. As energias características produzidas pelo Rh são aproximadamente 2keV mais altas que no Mo. Em geral, é utilizado para mamas mais densas.

Figura 6
Posicionamento do tubo de raios X em uma cúpula mamográfica



Fonte: Capeleti, 2012.

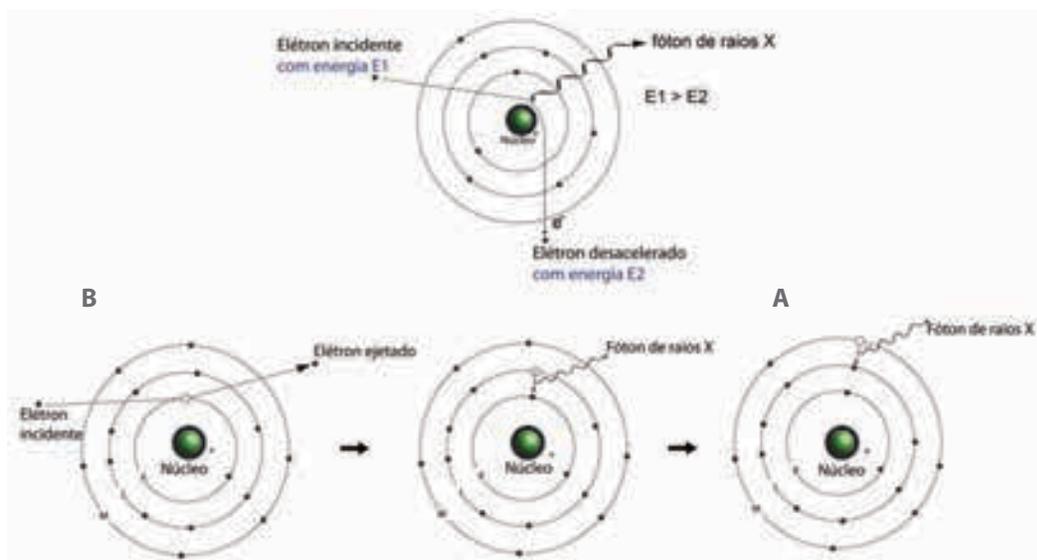


O processo de produção de raios X pode ser descrito como:

1. O catodo é aquecido. Essa energia térmica é capaz de liberar elétrons, (processo chamado de emissão termoiônica).
2. A nuvem eletrônica liberada é acelerada em direção ao anodo, devido à aplicação de uma diferença de potencial (comumente chamada pela unidade, kV) formando uma corrente (comumente chamada pela unidade, mA). O tempo de duração desta aplicação multiplicado pela corrente é chamada de produto corrente-tempo, mAs.
3. Ao chocarem com o anodo, os elétrons penetram no material e passam muito próximo dos núcleos dos átomos, causando uma desaceleração. Esse processo faz que estes elétrons percam a energia que é emitida em forma de fótons de raios X. Esse processo é conhecido como *Bremsstrahlung* ou radiação de freamento.
4. Os elétrons podem também colidir com elétrons orbitais dos átomos do material do anodo e retirá-los, caso a energia cinética destes seja maior ou igual à energia de ligação dos elétrons no átomo. Ao ser removido do átomo, o elétron deixa uma vacância naquela órbita. Isso faz que elétrons de camadas mais externas ocupem essa vacância. Como em órbitas mais internas há uma menor energia de ligação, o excesso é emitido em forma de fótons de raios X. Esse fenômeno é conhecido como radiação característica (Figura 7).

Figura 7

A. Diagrama esquemático da produção de radiação X por *Bremsstrahlung*, mostrando a liberação de um fóton de raios X devido à perda de energia do elétron com a desaceleração. B. Descrição da produção de radiação característica, quando um elétron incidente retira um elétron orbital, causando uma vacância. Um elétron de uma camada mais externa ocupa esta vacância e, o excesso de energia é emitido em forma de fóton de raios X



Fonte: Capeleti, 2012.

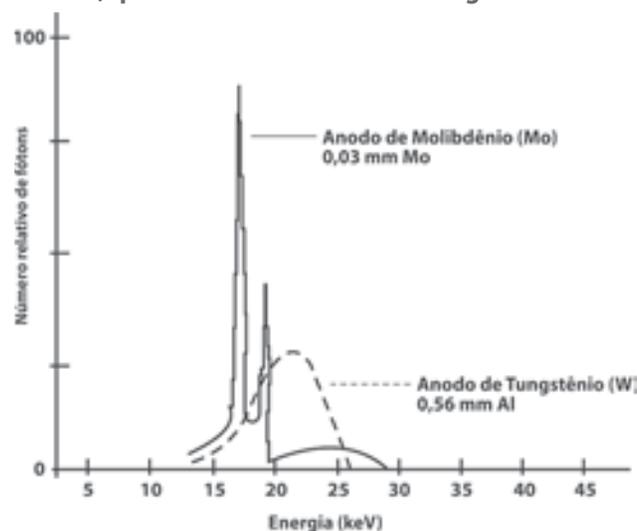


Depois de formados, os raios X saem do tubo passando através de uma janela de berílio (Be) e passam por um filtro que pode ser de Mo, Rh ou W, os quais absorvem os fótons de raios X indesejáveis para a imagem. A Figura 8 ilustra os espectros obtidos para os alvos compostos por Mo e W.

Atualmente, algumas combinações de **alvo** e **filtro** são comuns: Mo/Mo, Mo/Rh, Rh/Rh e W/Al. Para mamografia, a combinação Mo/Mo possui a radiação mais homogênea de comprimentos de onda e energias discretas limitadas de forma útil; no entanto, a dose de radiação ao paciente e a carga térmica ao tubo de raios X são ligeiramente mais baixas com a combinação W/Al.

A combinação W/Rh emite radiação em uma energia maior e é mais efetiva para obter imagens de mamas maiores, bem como no caso de Rh/Rh. Alguns fabricantes de mamógrafos incluem um sistema deslizante dos filtros de Mo e Rh para melhor combinação de técnicas operacionais para cada tipo de mama das pacientes.

Figura 8
Espectros de raios X produzidos por um alvo de molibdênio (Mo) e um de tungstênio (W). O alvo de Mo produz fótons com energias mais baixas do que o de W, que melhora o contraste radiográfico³



Fonte: Kopans, 1998

O anodo é giratório para melhor dissipar o calor produzido durante a irradiação. A área do alvo onde são formados os raios X, o **ponto focal**, é de menor tamanho possível para obter a resolução na imagem capaz de detectar microcalcificações.

A qualidade da imagem é influenciada por três variáveis geométricas:

- **Ponto focal:** seu tamanho influencia a definição radiográfica, definição da imagem mais nítida. Os equipamentos atuais possuem tamanho de ponto focal de 0,3mm foco grosso e 0,15 ou 0,10mm para foco fino;



- **Distância fonte-imagem (DFI):** imagens mais nítidas são obtidas com DFIs maiores, especialmente em mamas maiores. Se a DFI aumenta, a intensidade do feixe no receptor diminui e é necessário aumentar-se a corrente. Os equipamentos possuem distâncias que variam de 30 a 80cm;
- **Distância objeto-imagem (DOI):** afeta a nitidez da imagem. Se a DFI se mantém a mesma e a DOI for aumentada, a nitidez é aumentada. A magnificação é obtida aumentando-se a DOI. Muitas vezes utilizada, a DOI é útil para obter mais informações diagnósticas. Para obter imagens magnificadas, os equipamentos utilizam o foco fino e não utilizam grades antiespalhamento, como uma tentativa de redução de dose.

C. Colimadores

O feixe de raios X é colimado por aberturas fixas que podem ser trocadas, ou por placas que determinam dois ou três tamanhos de campo, conforme a marca do equipamento. Os equipamentos mais antigos possuem **colimadores** em forma de cones. Na prática, o lado do catodo no tubo de raios X geralmente é orientado para a base da mama, porque tem um rendimento um pouco maior do que o lado do anodo, devido ao efeito anódico (ou efeito heel). Esta orientação auxilia a exposição da parte mais espessa da mama.

O que é efeito anódico?

O feixe de raios X é produzido em maior quantidade em direção ao catodo, uma vez que os raios X produzidos em profundidades no material do anodo podem ser ali atenuados. Desta forma, a inclinação do tubo de raios X e a posição do catodo voltado para a região mais espessa da mama facilita a formação da imagem (Figura 6).

D. Dispositivos de compressão

A compressão da mama é uma das principais razões para desmotivar as pacientes a obter as imagens mamográficas, devido ao desconforto causado. Vários motivos justificam a utilização do **dispositivo de compressão** da mama para obtenção da imagem:

- Segurar a mama longe da parede torácica permitindo a projeção de todos os tecidos no detector sem a interferência de ruídos de outras estruturas do tórax;
- Reduzir o borramento devido ao movimento;
- Reduzir a dose pela redução da espessura do tecido através do qual a radiação deve passar;

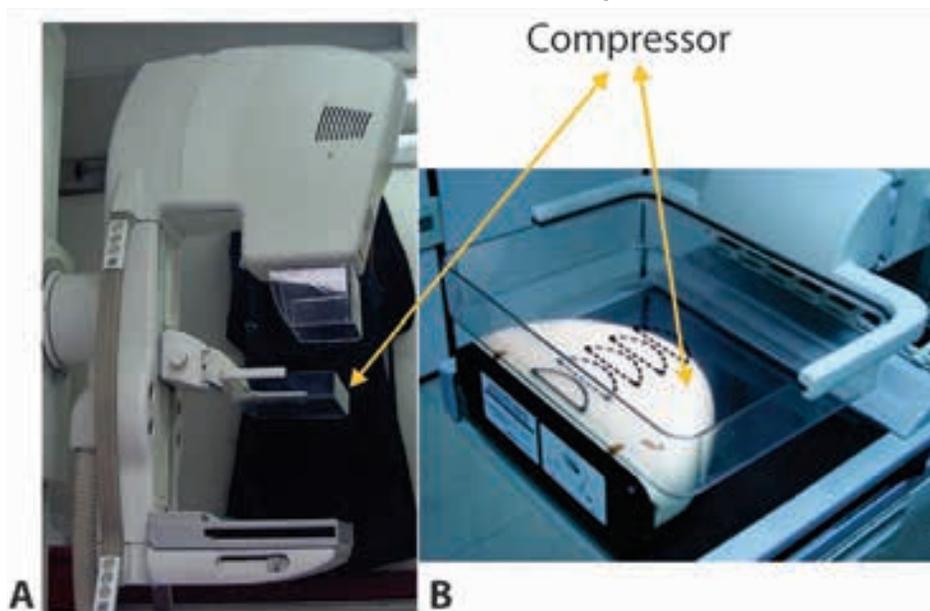


- Promover redução de dose e movimento devido ao tempo de exposição mais curto, necessário à obtenção da imagem de uma estrutura mais fina;
- Separar estruturas sobrepostas facilitando a avaliação da imagem;
- Estruturas da mama mais próximas ao detector reduzem borramentos de detalhes geométricos e melhoram a resolução do sistema;
- Reduzir a degradação da imagem devido ao espalhamento, aumentando o contraste;
- Produzir uma espessura mais uniforme para proporcionar uma exposição mais uniforme.

Este dispositivo de compressão deve ser liberado automaticamente após a exposição, pois pode causar desconforto à paciente, uma vez que utiliza uma faixa de forças que varia de 11 a 18kgf (ou dN). A Figura 9 mostra um dispositivo de compressão e ilustra como são comprimidas as mamas para a obtenção de imagens.

Figura 9

- A. Foto de um dispositivo de compressão e seu posicionamento em um equipamento.**
B. Foto de um detalhe de compressão



Fonte: Autoria própria, 2011, 2012.

E. Grades antiespalhamento

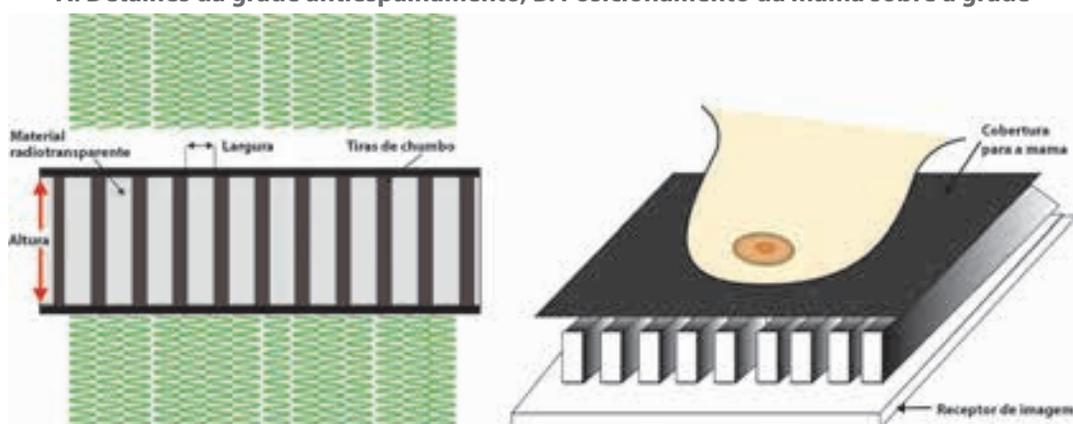
Uma **grade** também é utilizada para reduzir o espalhamento da radiação. Em um modelo, pode ser composta por tiras de chumbo (Pb) alternadas com fibras de carbono ou material radiotransparente. As grades oscilam em uma direção perpendicular às tiras de Pb para que o padrão de grade não seja registrado na imagem (Figura 10).



Como as grades absorvem radiação (nas tiras de Pb), as técnicas operacionais de exposição utilizadas são de duas a três vezes maiores do que aquelas sem grades. Para compensar o aumento na dose de radiação ao paciente são utilizados sistemas mais rápidos de registro da imagem e valores de tensão ligeiramente maiores. Em estudos magnificados recomenda-se a não utilização de grades uma vez que esta modalidade já fornece uma dose maior à paciente e há atenuação de fótons espalhados no *gap* de ar entre a mama e o filme.

Figura 10

A. Detalhes da grade antiespalhamento, B. Posicionamento da mama sobre a grade



Fonte: Capeleti, 2012.

F. Controle automático de exposição

Atualmente, os fabricantes de mamógrafos oferecem dispositivos de controle automático de exposição (*automatic exposure control* – AEC). O AEC desempenha um papel fundamental na mamografia, pois ele compensa as variações na densidade do tecido e na espessura da mama, selecionando de forma criteriosa, os parâmetros técnicos para a exposição.

A função deste sistema é controlar o mAs e encerrar a produção dos raios X quando o sensor de radiação, localizado após o chassi com filme, detecta a exposição apropriada (Figura 11). O objetivo é que esta exposição produza uma densidade óptica dentro da faixa dinâmica do filme⁴.

A faixa dinâmica é a quantidade de tons de cinza que podem ser exibidos pelo sistema de imagem.

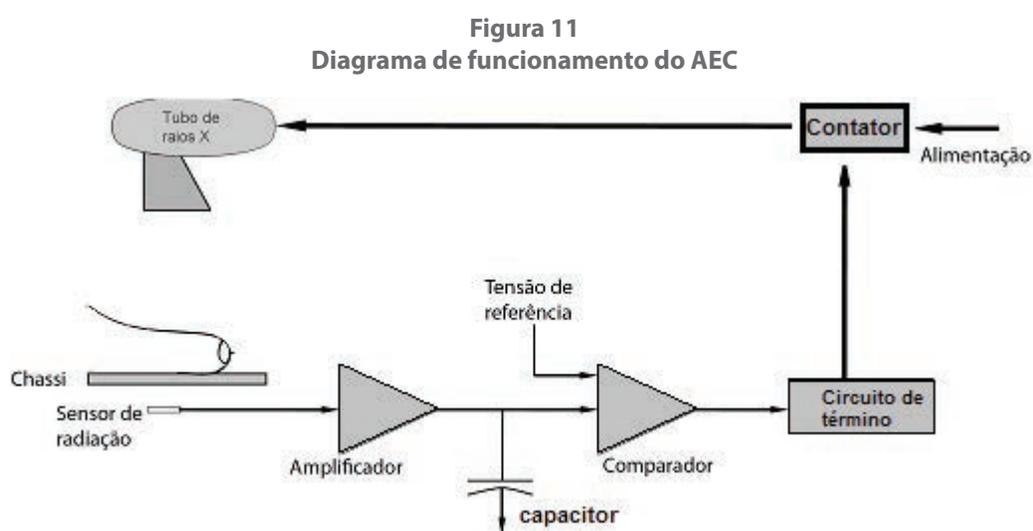
O desempenho adequado do AEC tem consequências significativas para a melhoria da qualidade da imagem e redução da dose, uma vez que há uma diminuição significativa da repetição de imagens, devido às escolhas mais apropriadas para os parâmetros técnicos. Há dois tipos mais comuns de dispositivos de AEC:

a. Seleciona-se manualmente a tensão, filtro (Mo, Rh ou Al) e material do anodo (Mo ou Rh) e o AEC controla o mAs;



b. O AEC controla tanto a tensão quanto o mAs, com uma pré-exposição para ajustar a tensão de aceleração adequada para cada tipo de mama irradiada. Alguns modelos de mamógrafos controlam inclusive a seleção de filtro e material do anodo.

A seguir, está o diagrama de funcionamento do AEC, qual seja o tubo de raios X produz o feixe de radiação X que vai interagir com a mama da paciente. Abaixo do chassi, há um sensor que, a partir de uma amostragem (pré-exposição) da intensidade dos raios X passa por um sistema que compara com os parâmetros apropriados para atingir a densidade óptica otimizada na imagem. Assim, são selecionados os parâmetros de exposição para atingir tais densidades.



Fonte: Capeleti, 2012.

Os dispositivos de AEC que compensam automaticamente a variação de kVp, a anatomia do paciente e a corrente de elétrons (mA), reduzem a exposição de radiação e a rejeição de mamografias. Para considerar a anatomia da paciente, deve-se posicionar o sensor de tal forma que esteja posicionado abaixo da região glandular da mama.



Figura 12

No detalhe, um modelo de equipamento onde se deve posicionar o sensor do AEC, para obtenção da imagem



Fonte: Autoria própria, 2012.

Alguns equipamentos contêm controle de densidades, que pode variar em passos de -5 a $+5$ em alguns equipamentos ou de -24 a $+24$ em equipamentos da marca Siemens, possibilitando uma espécie de ajuste fino no mAs selecionado automaticamente. Este mecanismo permite aprimorar a densidade na imagem. A variação entre os passos para os projetos de ± 5 deveriam ser de 12% a 15 %5 no mAs, resultando em uma variação de 0,13 a 0,17 na densidade óptica no filme.

G. Sistema ergonômico

O equipamento mamográfico possui um **sistema ergonômico** próprio para o posicionamento da mama, onde um arco-em-C une o conjunto-emissor de radiação X ao sistema receptor de imagem, possibilitando uma angulação de até 180º da posição vertical, possibilitando projeções laterais da mama.

De maneira geral, as várias características técnicas dos equipamentos de raios X utilizados com sistemas écran-filme estão apresentados no Quadro 2.



Quadro 2
Características técnicas de alguns tipos de equipamentos mamográficos instalados no Brasil⁶

Parâmetros	Equipamentos convencionais ou utilizados com CR					
	GE Senographe DMR	GE Senographe 600T	Lorad M IIE	Lorad M-III	Philips Mammo Diagnost 3000	Siemens Mammomat 3000
Tipo de gerador	Mono-fásico, alta frequência	Mono-fásico, alta frequência	Alta frequência, potencial constante	Alta frequência, potencial constante	Alta frequência, multiplicador	Mono ou bifásico, alta frequência
Faixa de kVp	22 – 49 incrementos de 1,0	22 – 49 incrementos de 1,0	22 – 34 incrementos de 1,0	22 – 34 incrementos de 1,0	22 – 35 incrementos de 1,0 kV, auto time	23 – 35 incrementos de 1,0
Faixa de mAs	4 – 600	4 – 600 (27 passos)	2 – 400	2 – 400	1,7 – 400	2 – 710
· mA	40 – 100	40 – 100	20 fino – 150 grosso	20 fino e 80 grosso	não especificado	34 – 188 W 28 – 150 Mo
· Tempo (s)	0,035 – 20	0,04 – 10	0,1 – 5,0 em incrementos de 1,0	0,1 – 5	0,1 – 6	0,07 – 4/0,007 – 7
Detector AEC	Microprocessador/por fotomultiplicadora;	Microprocessador/por fotomultiplicadora;	Estado sólido	Estado sólido	Estado sólido	Estado sólido
· Parâmetros controlados	mAs, kVp, trilha do anodo, tipo de filtro	mAs	mAs, kVp e janelas	mAs	kVp automático de 25 – 30, auto time, manual, densidade compensada	mAs, trilha do anodo, filtro, kVp
Tipo de Anodo	Giratório, resfriado a ar	Giratório, resfriado a ar	Giratório	Giratório, resfriado a ar	ROM 21 – ROT 206	Giratório
· Material	Mo, Rh	Mo, Rh	Mo	Mo	Mo	Mo/W
Tamanhos dos pontos focais (mm)	0,1 e 0,3	0,1 e 0,3	0,1 e 0,3	0,1 e 0,3	0,1 a 0,3	0,1 e 0,3
· DFI (cm)	56 – 66	50 – 65	65	65	61	65 fixa
Razão de grade	05:01 30 linhas/cm	05:01 35 linhas/cm	05:01	05:01	05:01 32 linhas/cm	04:01 27 linhas/cm
Dispositivo de magnificação	1,3 x a 1,9 x	1,5 x e 1,85 x	1,8 x	1,8 x	1,87 x -2,14 x	1,5 x e 1,8 x

Fonte: Healthcare Product Comparison System, 1994. Sistema de imagem Digital.



7.3.2 Sistema de imagem digital

Os sistemas que produzem imagens digitais possuem gerador e emissor de radiação X similares aos sistemas écran-filme. A grande diferença encontra-se na maneira que se obtém e se forma a imagem.

Em sistemas digitais, os filmes são substituídos por detectores que capturam a imagem e a envia para visualização em um computador com monitor para imagens médicas que, entre algumas qualidades especiais, possui alta resolução, no qual se pode realizar o diagnóstico e depois, imprimir a imagem em filme. A vantagem desses sistemas é poder manipular as imagens para melhorar a visualização da mamografia utilizando-se recursos como *zoom*, variação de contraste, medida da lesão e possibilidade de transmissão para avaliação de outros especialistas.

A. Radiologia computadorizada

Este tipo de sistema é a transição mais simples do sistema écran-filme para imagens digitais. O filme é substituído por uma placa de imagem (imaging plate – PI) que é colocado em um chassi que a protege. Após coletada a imagem, pode ser “limpo” e retornar ao serviço (Figura 13).

O processo que forma a imagem nos PIs é chamado de luminescência fotoestimulável e pode ser identificado nas etapas⁷:

- Quando os raios X atingem estes materiais dos PIs, chamados fósforos (BaFBr:Eu ou BaFI:Eu), eles interagem com os elétrons das camadas externas dos átomos do flúor brometo de bário, que absorvem e armazenam a energia recebida.
- Após isso, o chassi é levado ao leitor CR, onde a PI é retirada automaticamente do chassi, e levado a um local onde é varrido por um feixe de *laser* estreito, para garantir uma resolução espacial da imagem menor que o sistema pode fornecer.
- Estes elétrons armazenados no fósforo são estimulados com *laser* de comprimento de onda com cerca de 660nm (na região da luz vermelha).
- Ao saírem do armazenamento os elétrons liberam energia com o comprimento de onda em torno de 450 – 500nm (luz azul).
- A luz azul liberada pela PI é coletada por um guia de fibra óptica e conduzida a um tubo fotomultiplicador, onde produz um sinal eletrônico.
- Esse sinal eletrônico é digitalizado e armazenado.
- A PI é exposta a uma intensa luz branca que serve para retirar os elétrons que ainda ficaram armazenados.
 - A PI volta ao serviço para obter nova imagem.



Figura 13
Foto mostrando um equipamento de mamografia que pode ser adaptado para utilização com écran-filme ou com IP



Fonte: Autoria própria, 2012.

A imagem digital criada pelo sistema CR é visualizada inicialmente em um monitor local e dali é enviada ao Picture Archiving and Communications Systems (Sistema de arquivo de imagem e comunicações – PACS). Assim, essa imagem pode ser avaliada pelo radiologista para obtenção de diagnóstico.

Alguns modelos de CR encontrados no Brasil estão apresentados no Quadro 3 com suas características técnicas.

Quadro 3
Características técnicas de alguns tipos de Sistemas CR instalados no Brasil⁸

Fabricante	Modelo	Detector	Dimensão do detector	Tamanho do pixel (mm)	Tamanho da matriz
Agfa	CR85/35X	BaSrFBrI:Eu	18x24	50	3560 x 4640
	DX-M	CsBr:Eu	24x30		4760 x 5840
Fuji	Profect (todos os modelos)	BaF(BrI):Eu	18x24 24x30	50	3540 x 4740 4728 x 5928
Carestream	Direct View CR950975	BaFI:Eu	18x23 24x29	50	3584 x 4784 4800 x 6000
Philips	Cosima X Eleva	BaF(BrI):Eu	18x24 24x30	50	3540 x 4740 4728 x 5928

Fonte: Chevalier; Torres, 2010.

B. Radiologia digital

Outra maneira de obter a imagem digital é com a radiologia digital (DR – Digital Radiography). Neste sistema, o sinal é produzido por um elemento detector, formado por uma área sensível à luz e uma com material eletrônico (Figura 14) que coleta o sinal, dispostos em linhas elétricas verticais e horizontais que ao adotarem uma lógica de leitura apropriada conseguem formar a imagem.



Figura 14

Diagrama exemplificando um elemento detector de um sistema de radiologia digital



Fonte: Autoria própria, 2012.

Estes sistemas podem ser chamados de acordo com a forma como os raios X são transformados em cargas elétricas para formar a imagem:

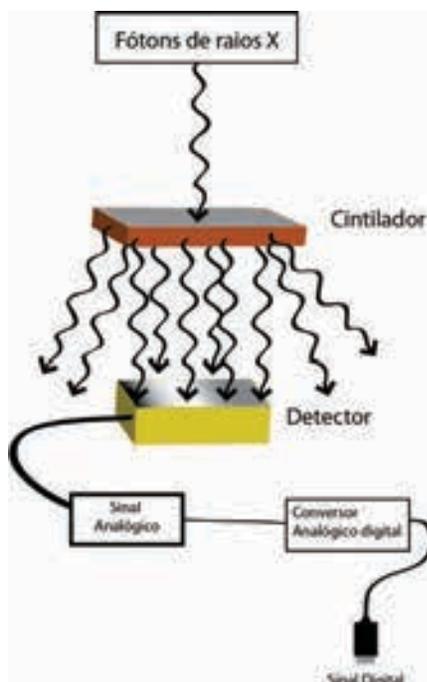
Digital indireto: os raios X são inicialmente convertidos em luz por um material cintilador e depois convertidos em cargas elétricas, como mostrado na Figura 15. Estes detectores podem ser compostos por CsI:Tl – aSi e CsI:Tl – CCD (Charged-coupled devices).

Digital direto: o sistema detecta diretamente os raios X, como é o caso do detector composto por selênio amorfo (a-Se), mostrado na Figura 16.

Contagem de fótons: um sistema de varredura conta diretamente os fótons de raios X que alcançam os detectores. Esse sistema ainda não se encontra instalado no Brasil.

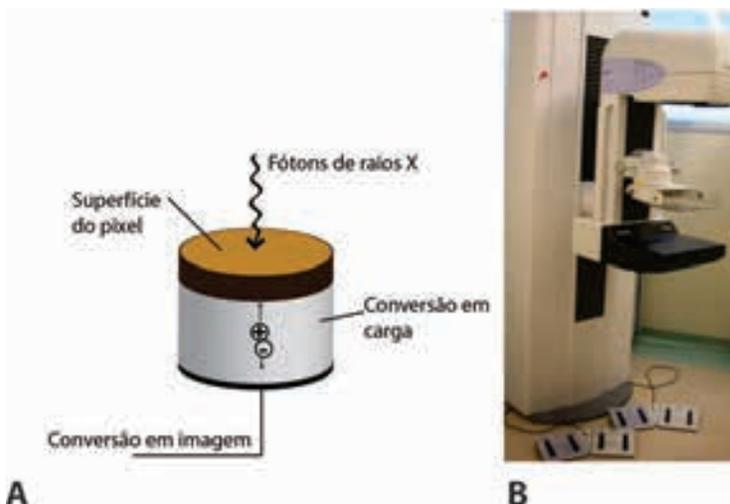


Figura 15
A. Diagrama ilustrando sistema de detecção indireta



Fonte: Capeleti, 2012.

Figura 16
A. Diagrama esquemático do funcionamento da detecção de sinal da mamografia direta; B. Exemplo do equipamento Selenia, da Hologic, que emprega este tipo de detecção com o detalhe do detector e do coletor de sinais



Fonte: Capeleti, 2012.

Os sistemas digitais são facilmente encontrados no Brasil. O Quadro 5 mostra algumas características técnicas de equipamentos de mamografia DR instalados no Brasil.



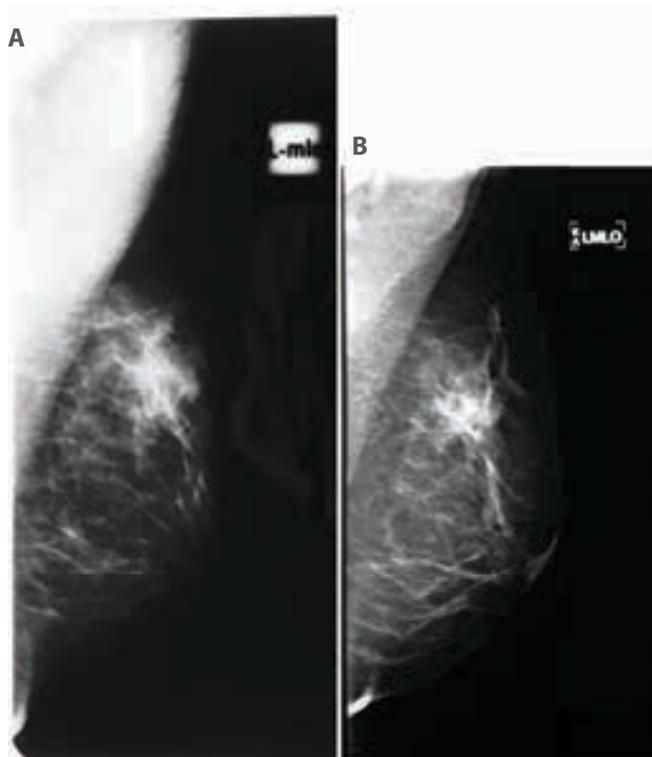
Quadro 4
Resumo das características de detectores de sistemas mamográficos digitais¹⁰

Fabricante	Modelo	Detector	Dimensão do detector	Tamanho do pixel (mm)	Tamanho da matriz
GE	Senographe 2000D	Csl sobre a-Si	19 x 23	100	1914 x 2294
	Senographe DS		19 x 23		1914 x 2294
	Senographe Essential		24 x 31		2394 x 3062
Siemens	Mammomat Novation	a-Se	24 x 29	70	3328 x 4084
	Mammomat Inspiration		24 x 30	85	2800 x 3518
Hologic	Selenia	a-Se	24 x 29	70	3328 x 4096
Fuji	AMULET	a-Se	18x24	50	3540 x 4740
			24x30		4728 x 5928

Fonte: Autoria própria, 2004.

No Brasil, coexistem várias gerações de equipamentos mamográficos em funcionamento. A diferença em imagem que pode ser obtida em tipos diferentes de equipamentos é mostrada na Figura 17.

Figura 17
Comparação entre uma imagem obtida com equipamento convencional (A) e digital (B)



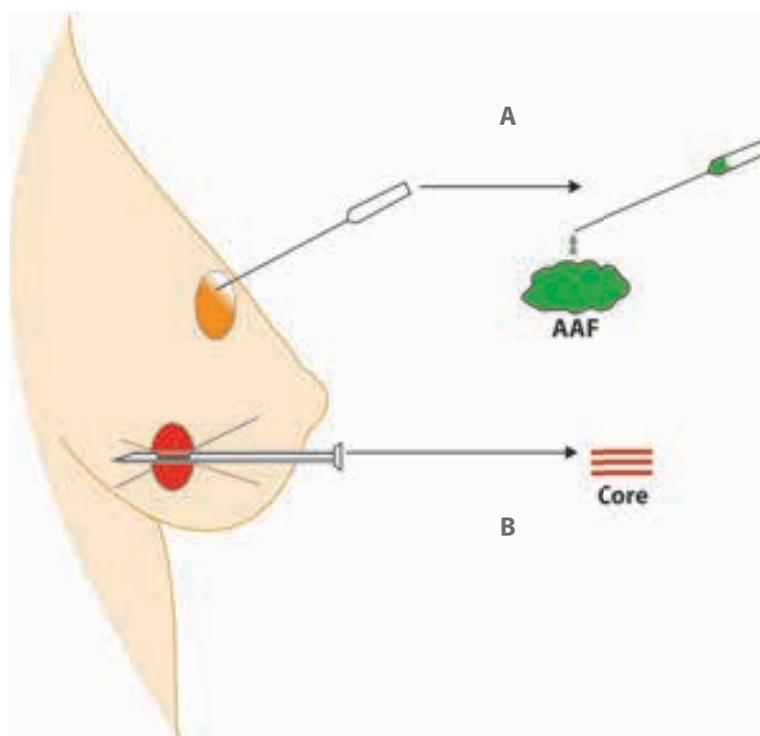
Fonte: : Autoria própria, 2012.



7.4 Sistema para Biópsia Estereotático

Os equipamentos mamográficos possuem um acessório que possibilita seu uso para realização de biópsias. Existem dois tipos destes dispositivos, chamados estereotáticos, para biópsia mamária. Eles podem ser usados para realização de aspiração por agulha fina (AAF), no caso de material líquido, ou biópsia *core*, no caso de material sólido (Figura 18).

Figura 18
Diagrama mostrando uma biópsia AAF (A) e uma core (B)¹¹



Fonte: Capeleti, 2012.

7.4.1 Sistema adicional que se acopla à unidade mamográfica

Sistemas acoplados consistem de uma unidade de biópsia que é colocada no equipamento mamográfico e uma unidade localizadora que calcula a localização da lesão a partir das imagens do filme¹². Depois a mama da paciente é colocada na plataforma de biópsia, e um dispositivo especialmente projetado comprime-a. Um porta-agulha e um sistema-guia são usados para inserir a agulha na mama e avançá-lo na lesão através de uma pequena abertura no dispositivo de compressão.

Tipicamente, muitas imagens são adquiridas durante cada procedimento de biópsia. Um filme com uma imagem de reconhecimento permite ao técnico colocar a lesão dentro da abertura do dispositivo de compressão. São utiliza-



das duas imagens de raios X estéreo – imagens da mesma área em diferentes ângulos ($\pm 15^\circ$) – e as coordenadas para a biópsia são determinadas usando-se o localizador. O filme revelado é colocado no localizador, e o posicionamento da lesão e dos pontos de referência em ambas as imagens são registrados. O localizador calcula as coordenadas da lesão, que são automaticamente transmitidas ou manualmente registradas no sistema-guia na unidade de biópsia. Uma terceira imagem geralmente é adquirida para confirmar a localização da lesão e garantir a colocação correta da agulha antes que a amostra seja retirada. Após o posicionamento do portador de agulhas sobre a lesão, a agulha ou revólver de biópsia é usado para obter uma amostra simples. A compressão é liberada após a retirada da amostra.

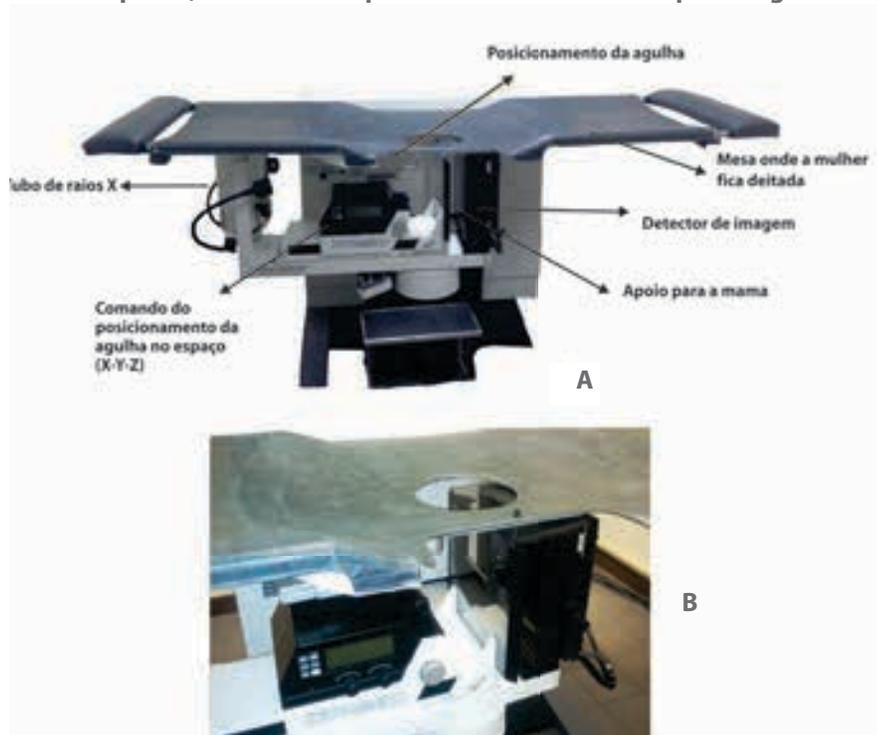
7.4.2 Sistema dedicado à biópsia mamária

Unidades dedicadas consistem de uma mesa para a paciente, dispositivos de biópsia e localizador, e um sistema de raios X (Figura 19).

A paciente mantém-se na horizontal na mesa com a mama colocada em uma abertura. O tubo de raios X, os dispositivos de compressão e de biópsia estão localizados sob a mesa, a qual é elevada para permitir que o médico e o técnico realizem a obtenção de imagem e a biópsia. O procedimento de biópsia é similar ao de unidades acopladas, portanto a posição horizontal da paciente e a configuração do sistema dedicado facilitam o acesso às lesões nos quadrantes inferiores da mama. Estes sistemas possuem obtenção digital de imagem para melhorar a qualidade de imagem e permitir visualização próxima ao tempo real para localização e biópsia.



Figura 19
A. Sistema prone; B. Detalhe do posicionamento da mama para o agulhamento



Fonte: Capeleti, 2012.

Referências

- 1 BASSETT, L. W.; GOLD, R. H.; KIMME-SMITH, C. History of the technical development of mammography. In: HAUS, A. G., YAFFE, M. J. *Syllabus: a categorical course in physics. technical aspects of breast imaging*. 3..ed. Oak Brook: Radiological Society of North America (RSNA), 1994. p. 9-20.
- 2 BERNS, E. A.; HENDRICK, R. E. Performance comparison of full-field digital mammography to screen-film mammography in clinical practice. *Medical Physics*, New York, v. 29, n. 5, p. 830-834, 2002.
- 3 KOPANS, D. B. *Breast Imaging*. 2. ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1998.
- 4 ELBAKRI, I. A.; LAKSHMINARAYANAN, A. V.; TESSIC, M. M. Automatic exposure control for a slot scanning full field digital mammography system. *Medical Physics*, New York, v. 32, n. 9, p. 2763-2770, 2005.



- ⁵ AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY. **Mammographic Quality Control Manual**. Reston, VA: American Cancer Society, 1999.
- ⁶ HEALTHCARE PRODUCT COMPARISON SYSTEM. **Radiographics units, mammographic; stereotatic biopsy systems, mammographic**. Plymouth Meeting, PA: ECRI, 1994.
- ⁷ BUSHBERG, J. T. et al. **The Essential physics of medical imaging**. 2. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
- ⁸ CHEVALIER, M.; TORRES, R. Mamografia Digital. **Revista de Física Médica**, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 11-26, 2010.
- ⁹ KASAP, S. O.; ROWLANDS. J. A. Direct-conversion flat-panel X-ray image sensors for digital radiography. **Proceedings of the IEEE**, New York, v. 90, n. 4, p. 591-604, 2002.
- ¹⁰ FURQUIM, T. A. C. Mamografia digital X mamografia convencional. In: JORNADA PAULISTA DE RADIOLOGIA, 34., 21-24 abr. 2004, São Paulo. [Palestra]. São Paulo, 2004.
- ¹¹ IMAGINIS. **Methods of breast biopsy: fine needle aspiration**, 2013. Disponível em: <<http://www.imaginis.com/breast-cancer-diagnosis/benefits-and-risks-of-breast-biopsy-2>> Acesso em: 2 jul. 2013.
- ¹² HEALTHCARE PRODUCT COMPARISON SYSTEM. **Radiographic Units, mammographic; Stereotatic biopsy systems mammographic**. Plymouth Meeting: ECRI, 1994.

8 O Exame de Mamografia: abordagem da usuária, posicionamentos e incidências

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*

8.1 Introdução

O câncer de mama é a neoplasia maligna com maior incidência na mulher excetuando-se os tumores de pele não melanoma¹.

A compreensão da etiologia do câncer de mama ainda é insuficiente para diminuir sua incidência por meio de programas de prevenção primária. Por isso, preconiza-se o **rastreamento** mamográfico. O termo rastreamento refere-se ao exame periódico de uma população visando à detecção de uma doença ainda não reconhecida clinicamente¹.

Dados observacionais sustentam que o câncer de mama é uma doença progressiva. Ensaio clínico randomizado foram realizados e demonstraram a redução significativa na mortalidade pelo câncer de mama, nas mulheres submetidas ao rastreamento mamográfico e posterior tratamento dessa doença, quando presente.

A idade de início para o rastreamento do câncer de mama por meio de exames de mamografia é controversa¹. No Brasil, preconiza-se o início do rastreamento mamográfico em mulheres com idade entre 50 e 69 anos e período máximo de 2 anos entre os exames².

Em mulheres com história familiar de câncer de mama, recomenda-se iniciar o rastreamento mamográfico dez anos antes da idade na qual a doença foi diagnosticada em parente de primeiro grau (mãe, pai, irmã ou irmão), porém não antes dos 30 anos¹.

Não há uma idade preconizada para o término do rastreamento mamográfico.

* Médica Radiologista. Membro Titular do Colégio Brasileiro de Radiologia. Membro Titular da Sociedade Brasileira de Radiologia. Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Mestre em Medicina pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia.



gráfico. Deve-se levar em consideração a expectativa de vida da mulher e a presença de outras doenças associadas. Assim, a decisão médica de solicitar exames de rastreamento, em mulheres com mais de 70 anos, deve ser individualizada. O benefício do rastreamento, isto é, a diminuição da mortalidade, aparece cerca de 5 a 7 anos após seu início; logo, preconiza-se que esse deva ser recomendado caso a expectativa de vida esteja compreendida nesse período¹.

8.2 Abordagem da Usuária

Toda usuária que se dirige ao serviço ou setor de mamografia deve ser acolhida de forma cordial e receber informações ou explicações adequadas em relação a cada etapa do exame a ser realizado. Essa atitude diminui a ansiedade, facilitando a colaboração e a redução da percepção de desconforto. Quando existirem exames prévios de mamografia, estes deverão ser solicitados no momento do agendamento.

Uma das primeiras etapas para a realização do exame é a obtenção de informações, a anamnese. Nesse momento, são coletados dados que poderão ajudar na interpretação do exame pelo médico radiologista. Considerando-se que na mamografia se utiliza a radiação ionizante, outra pergunta importante seria sobre a possibilidade de gravidez. Em seguida, outros dados deverão ser levantados, tais como^{3,4}:

- Nome.
- Sexo.
- Idade.
- História familiar positiva para câncer de mama – quando há mãe, pai, filha, irmã ou irmão acometidos pela doença. Informar a idade em que o diagnóstico foi realizado (antes ou após a menopausa).
- A usuária já teve câncer de mama ou foi submetida à biópsia mamária? Caso a resposta seja positiva, qual o resultado do estudo anatomopatológico?
- Existem outros tipos de cânceres na família? Câncer de ovário, de endométrio e de cólon, ou imunodeficiências adquiridas podem indicar uma predisposição ao câncer de mama.
- Idade em que ocorreu a menarca.
- Idade em que ocorreu a primeira gestação a termo.
- Amamentação: número de vezes em que amamentou e período de duração.
- Houve gravidez ou amamentação recente? Este fato pode ser a causa de proliferação acentuada do tecido glandular.



- Idade em que ocorreu a menopausa.
- Faz uso de terapia de reposição hormonal (TRH)?
- Faz uso de hormônios tireoidianos? Estes podem propiciar o aparecimento de alterações fibrocísticas.
- Há história prévia de cirurgia ou radioterapia? Podem explicar um eventual espessamento da pele.
- Há alterações anatômicas visíveis como lesões de pele? Existe retração ou inversão da papila mamária ou descarga papilar? Procurar determinar o tempo em que as alterações relativas à papila apareceram. Caracterizar a descarga papilar (a cor e se uni ou bilateral).

Após a anamnese, o próximo passo será a identificação do exame. Este é um procedimento de grande importância, pois exames são documentos médicos e seus resultados influenciarão as condutas terapêuticas a serem adotadas. Na identificação da imagem, alguns dados deverão constar, por exemplo:

- Nome completo da usuária.
- Nome da instituição onde o exame foi realizado.
- Número de identificação.
- Data em que o exame foi realizado.
- Incidência realizada (por convenção, deverá ser colocada próxima à região axilar da mama).
- Indicar a mama exposta à radiação (direita ou esquerda).
- Fatores técnicos utilizados.
- Espessura da mama comprimida.
- Força de compressão.

Esses dados deverão ser colocados o mais distante possível da imagem, evitando-se a sobreposição com as estruturas que serão analisadas. A seguir, posiciona-se a usuária no equipamento, explicando as etapas do processo.

Um aspecto importante na mamografia, que interfere na qualidade da imagem, é a compressão mamária. Assim, o esclarecimento adequado sobre a importância desta etapa é fundamental, pois a compressão das mamas pode causar desconforto e dor. A necessidade de uma compressão apropriada se faz por vários motivos, entre eles:

- Manter a mama longe da parede torácica evitando a sobreposição de estruturas mamárias daquelas pertencentes ao tórax.
- Evitar a movimentação da usuária.
- Diminuir a espessura das mamas permitindo uma maior uniformidade do tecido mamário, evitando-se o espalhamento dos raios X e, conseqüentemente, reduzindo-se a dose de radiação.
- Aproximar o tecido mamário do detector, reduzindo-se a distorção geométrica.



A compressão deve ser aplicada até que a pele fique esticada ou que a usuária solicite que se pare a compressão. É importante esclarecer que a compressão em si não acarreta danos, nem, tão pouco, levará ao aparecimento do câncer mamário^{3,4}.

8.3 Posicionamento

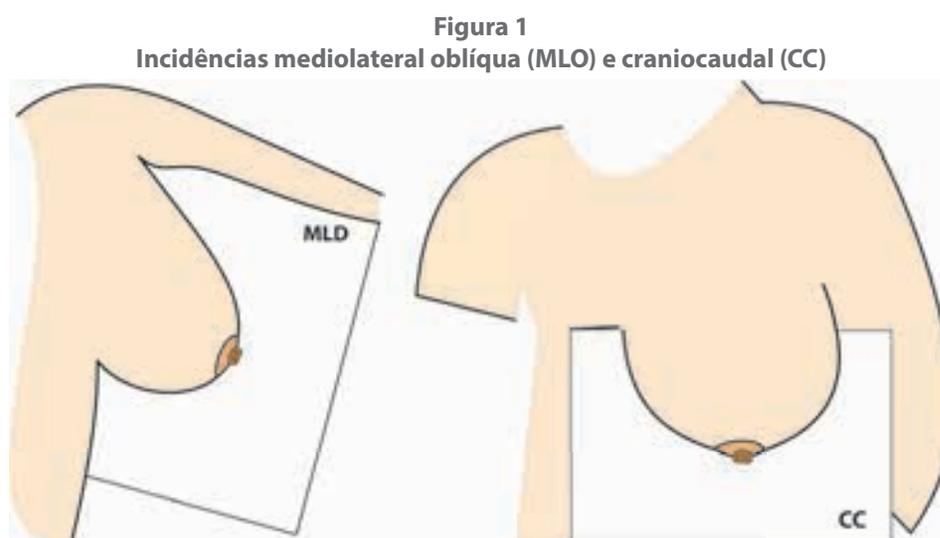
Um posicionamento radiográfico adequado é aquele em que todo o tecido mamário de interesse é exposto conforme a incidência utilizada. Para tal, são imprescindíveis a cooperação da usuária e a habilidade dos técnicos na execução das manobras necessárias.

8.3.1 Incidências de Rotina

Duas posições são necessárias para que tenhamos uma visão tridimensional das estruturas mamárias. Uma única projeção leva a uma falha de detecção em 11% a 25% dos cânceres¹.

Essas incidências podem ser realizadas com as usuárias em pé ou sentadas. Prefere-se a realização dos exames com as usuárias em ortostatismo, por serem de mais fácil execução^{3,4}. A escolha do receptor de imagem deve ser realizada de acordo com o tamanho da mama (18x24cm² ou 24x30cm²). A identificação do exame é colocada, por convenção, próximo à região axilar da mama indicando qual a incidência realizada e qual a mama radiografada (direita ou esquerda)¹.

A Figura 1 demonstra esquema para o posicionamento das usuárias nas incidências mediolateral oblíqua e craniocaudal, que são as incidências de rotina para a realização do exame de mamografia.



Fonte : Dalke, 2012.



8.3.1.1 Mediolateral Oblíqua (MLO)

A mediolateral oblíqua (MLO) é a incidência que apresenta maior possibilidade de cobertura de todo o tecido mamário a ser estudado.

O posicionamento adequado permite a visibilidade do tecido mamário desde a axila até a prega inframamária. O termo **oblíqua** é aplicado em relação ao plano em que a mama será comprimida. Deve-se puxar a mama e tracioná-la para longe da parede torácica, ao longo de um plano paralelo ao músculo peitoral maior. Geralmente as porções mais laterais e superiores da mama, assim como sua extensão axilar são vistas através do músculo peitoral maior. Essa é a razão pela qual devemos incluí-lo nessa incidência^{1,3,4}.

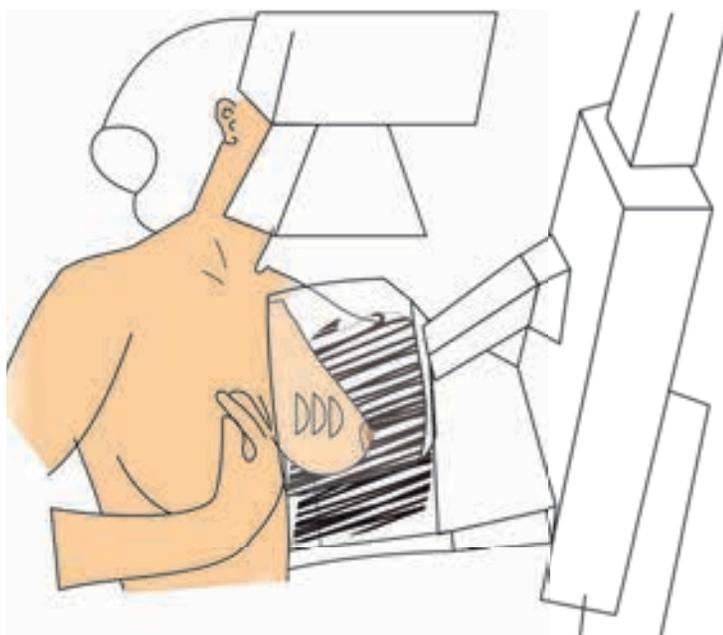
Condução do exame:

- Girar o tubo de raios X e o suporte da mama permitindo a rotação do braço do equipamento em um ângulo que corresponda ao trajeto do músculo peitoral maior. A variação desse ângulo está compreendida entre 30° e 70°, dependendo do perfil biofísico da paciente. Em mulheres mais altas esse ângulo deverá ser mais agudo do que nas mulheres mais baixas. Em geral, o ângulo utilizado é de 45°. O braço deve repousar levemente na lateral do suporte para a mama^{1,3,4}.
- O suporte é colocado sob a mama. Esta será mobilizada o mais longe possível da parede torácica. A orientação do feixe de raios X será de uma posição superior e medial para uma inferior e lateral.
- O suporte da mama será posicionado posteriormente à linha axilar anterior. Deve-se girar a mulher de modo que ela fique voltada para o equipamento. Assim, as porções mediais da mama e a prega inframamária ficarão visíveis na imagem. Deve-se puxar a mama para frente. O braço contralateral à mama que está sendo examinada deverá segurar a outra mama.
- Ao abaixar-se a placa de compressão, a mama deve ser tracionada até que a placa fixe-a na posição desejada. Deve-se verificar se não há dobras na pele.



A Figura 2 demonstra o posicionamento da usuária para a obtenção da incidência em mediolateral oblíqua.

Figura 2
Posicionamento da usuária para obtenção da incidência em MLO



Fonte: Dalke, 2012.

Critérios de qualidade, na imagem, para verificação do posicionamento adequado na incidência em MLO:

- O músculo peitoral maior deve estar localizado diagonalmente junto à borda superior e lateral da imagem, fazendo um ângulo de aproximadamente 20°;
- O músculo peitoral maior deve ser visto até o nível da papila;
- A prega mamária deve ser visível indicando que há inclusão suficiente do tecido mamário medial.
- O tecido mamário deve parecer bem espalhado na imagem.



Figura 3
Exame de mamografia na incidência em MLO



Fonte: Hospital Alemão Oswaldo Cruz.

8.3.1.2 Craniocaudal (CC)

Esta incidência complementa a MLO, e excetuando-se a porção axilar, todo o tecido mamário deve aparecer. O feixe de raios X é dirigido da porção superior para a porção inferior da mama^{3,4}.

Condução do exame:

- Levantar a mama o mais superiormente possível para distanciá-la o máximo da parede torácica;
- Ajustar a mesa para cima até a altura da prega inframamária, posicionando-se a mama sobre o suporte;
- Tracionar a mama afastando-a da parede torácica. Ajustar a placa de compressão;
- A papila mamária deve estar centrada em relação ao suporte da mama;
- O braço ipsilateral à mama estudada deve permanecer ao longo do corpo;
- O tecido mamário deve parecer bem espalhado na imagem e dobras cutâneas devem ser evitadas.



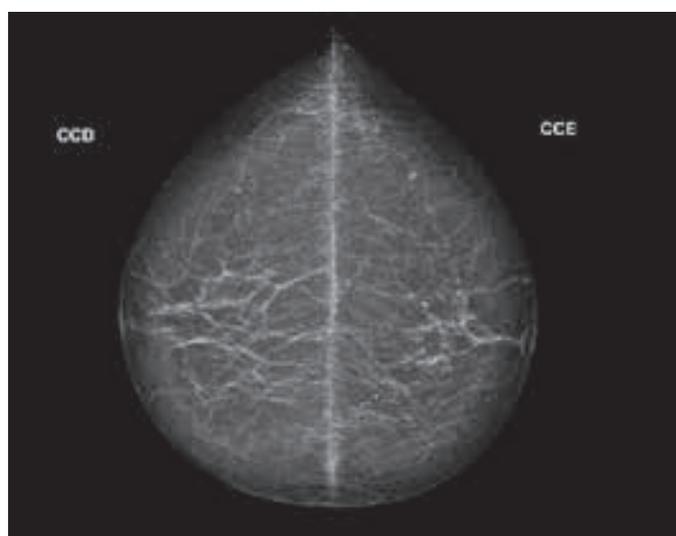
A Figura 4 mostra como realizar um correto posicionamento da mama comprimindo-a adequadamente; e a Figura 5 mostra radiografias das mamas na incidência em craniocaudal.

Figura 4
Posicionamento da usuária para a realização da incidência CC



Fonte: Dalke, 2012.

Figura 5
Exame de mamografia na incidência CC



Fonte: Hospital Alemão Oswaldo Cruz, São Paulo, [s/d].

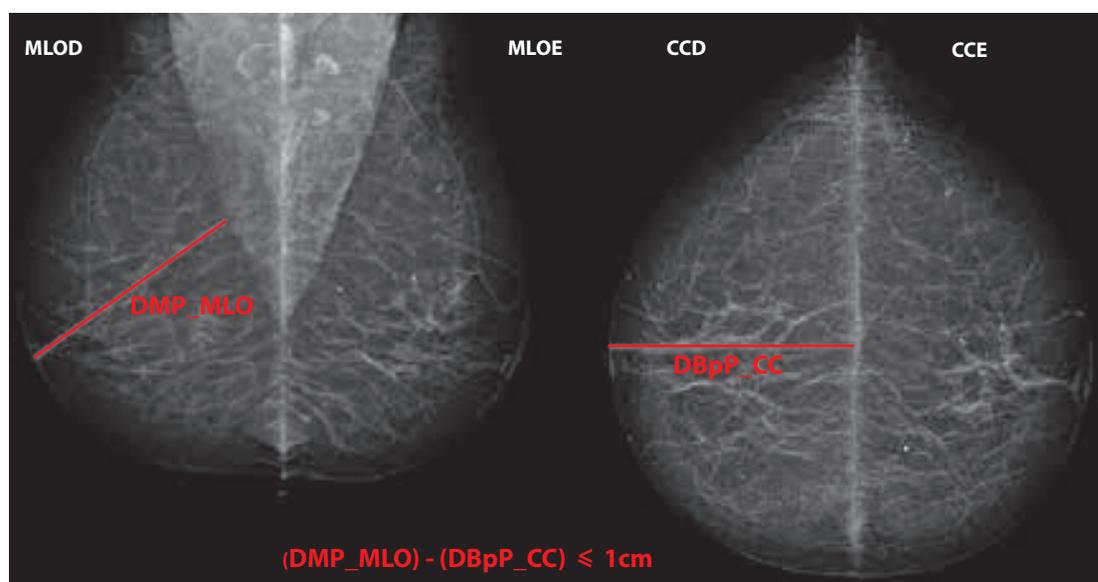
Critérios de qualidade na imagem para verificação do posicionamento adequado na incidência em craniocaudal^{1,3,4}:



- Papila mamária perpendicular à borda do detector de imagem;
- Prega inframamária incluída na borda medial do detector de imagem;
- Se o músculo peitoral maior não estiver incluído na imagem, deve-se comparar essa imagem com aquela obtida na incidência em MLO. A distância da papila mamária à borda posterior da imagem na incidência em CC (DBpP-CC) deve ser menor ou igual a 1cm em relação à linha traçada entre a papila mamária e o músculo peitoral maior, na incidência MLO (DMP-MLO) (Figura 6).

Figura 6

Verificação do posicionamento adequado para a incidência em CC, em que DMP é a distância do músculo peitoral maior até a papila mamária na incidência em MLO e DBpP é a distância entre a borda posterior da imagem e a papila mamária na incidência craniocaudal



Fonte: Clínica ImaX, modificado pela autora, 2012.

8.3.2 Incidências Complementares ou Adicionais

A anatomia torácica, em conjunto com a geometria das mamas, pode levar à não projeção de partes do tecido mamário sobre o detector. Isso pode ocorrer, por exemplo, em relação aos tecidos profundos, principalmente do quadrante superomedial, de maior dificuldade de enquadramento no campo de visão. Assim, incidências adicionais podem ser obtidas propiciando melhor visibilidade dessas regiões^{3,4}.



8.3.2.1 Incidências que privilegiam as porções laterais das mamas

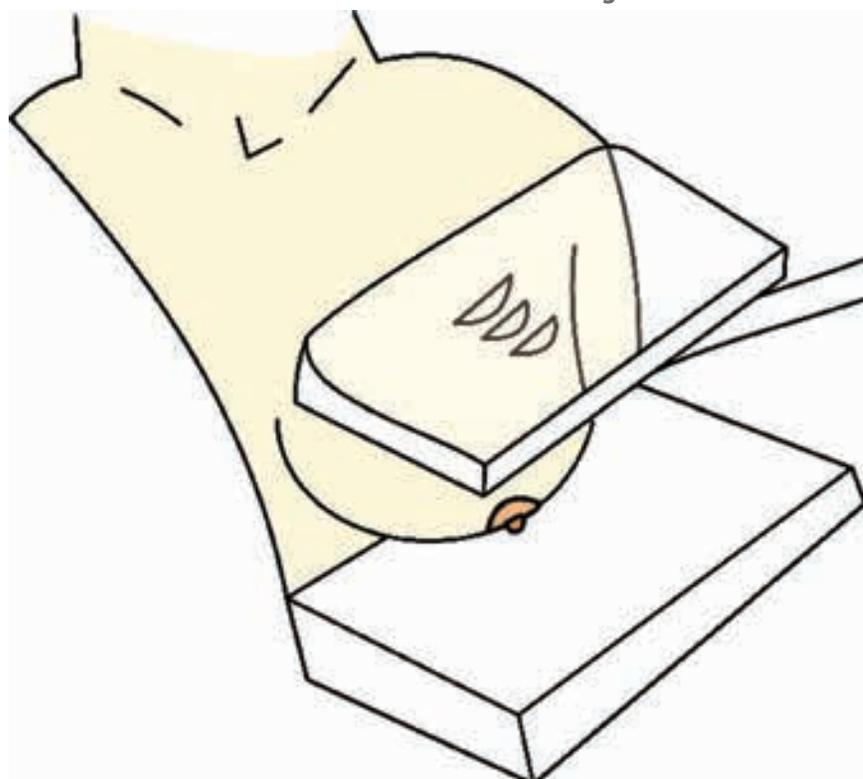
- CC Lateralmente Exagerada

É realizada quando há suspeita de uma lesão na metade lateral da mama. Inclui a maior parte do prolongamento axilar.

Condução do exame: o equipamento está posicionado para a realização de uma incidência em CC de rotina. A usuária deverá ser mobilizada de tal modo que as porções laterais da mama fiquem sobre o suporte e sejam comprimidas. Caso haja necessidade, pode-se angular o tubo de raios X lateralmente em 5°, com o objetivo de afastar-se a cabeça umeral. As porções mediais da mama são excluídas^{1,3,4}.

A Figura 7 representa o posicionamento da mama para a incidência cranio-caudal lateralmente exagerada.

Figura 7
Incidência em CC lateralmente exagerada



Fonte: : Dalke, 2012.

- Incidência Axilar (Incidência de Cleópatra)

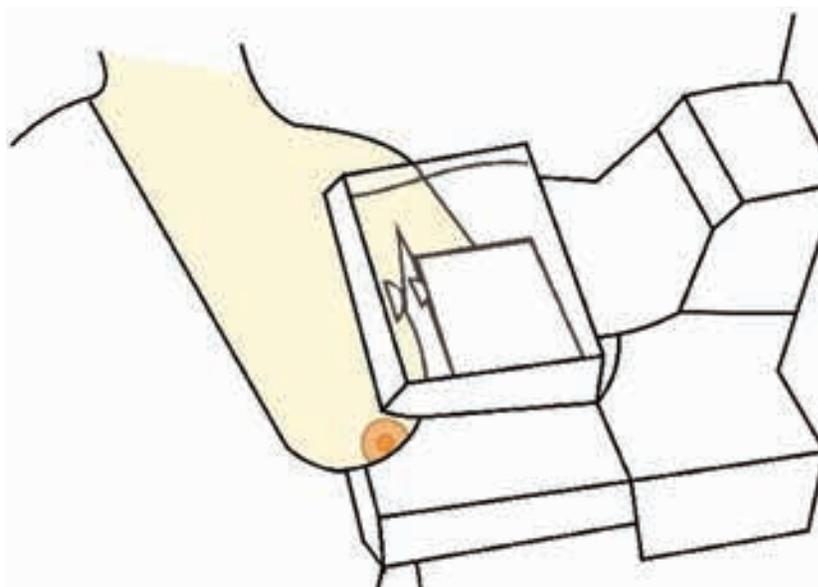
É realizada para avaliar os achados na porção mais inferior da axila que não foram observados na incidência em MLO⁴.

Condução do exame: O suporte é posicionado privilegiando-se apenas



a extensão da mama para axila (cauda mamária)^{3,4}. Deve-se rodar o braço do tubo até que o suporte fique paralelo ao prolongamento axilar. Gira-se a usuária colocando-se o prolongamento axilar em contato com o suporte para a mama. O braço ipsilateral à mama que será radiografada deverá estar apoiado por trás desse suporte. A região de interesse é puxada no sentido oposto à parede torácica e colocada sobre o suporte para a mama, em seguida, aplica-se a compressão⁴. A Figura 28 demonstra esquema da posição da mama em relação ao detector e seu posicionamento para a incidência axilar.

Figura 8
Incidência axilar



Fonte: : Dalke, 2012.

8.3.2.2 Incidências que privilegiam as porções mediais das mamas

· CC Medialmente Exagerada

Realizada para avaliar achados mediais localizados muito próximos à parede torácica.

Condução do exame: o equipamento está posicionado da mesma maneira que aquela utilizada na incidência em CC padrão. A usuária é mobilizada medialmente e a porção medial da mama é colocada sobre o suporte^{3,4}. Pode-se angular o tubo de raios X em 5° para facilitar o posicionamento da usuária¹.

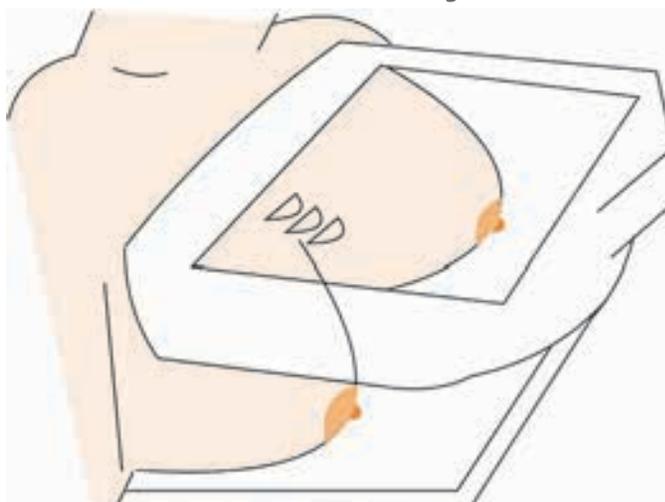
· Incidência de *Cleavage*

Realizada para estudar as porções das mamas junto à parede torácica¹.



Condução do exame: o equipamento está posicionado como na incidência em CC, porém as duas mamas são colocadas sobre o suporte. O profissional deve posicionar-se por trás da usuária, puxar as mamas para longe da parede torácica, empurrando-a gentilmente contra o equipamento enquanto desce a placa de compressão. A técnica de exposição poderá ser automática ou manual, dependendo se há ou não tecido mamário sob a célula fotoelétrica⁴. A Figura 9 demonstra o posicionamento da usuária para incidência de *Cleavage*.

Figura 9
Incidência de *Cleavage*



Fonte: Dalke, 2012.

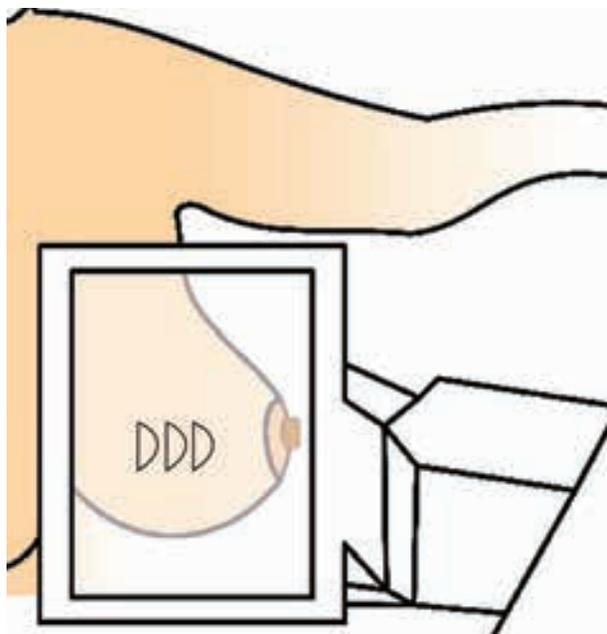
- Projeção Mediolateral a 90°

Caso a lesão seja vista na incidência em MLO, mas não na incidência em CC, a projeção mediolateral em 90° é utilizada para se confirmar sua existência. Também pode ser utilizada para a avaliação morfológica das microcalcificações. As projeções ortogonais permitem um melhor entendimento, em três dimensões, das estruturas.

Condução do exame: o posicionamento é semelhante àquele para obtenção da incidência em MLO, porém, a compressão não é paralela ao músculo peitoral maior. O tubo de raios X é posicionado paralelamente ao chão^{3,4}. A Figura 10 representa, esquematicamente, o posicionamento da mama para obtenção da projeção mediolateral a 90°.



Figura 10
Posicionamento para obtenção
da projeção mediolateral a 90°



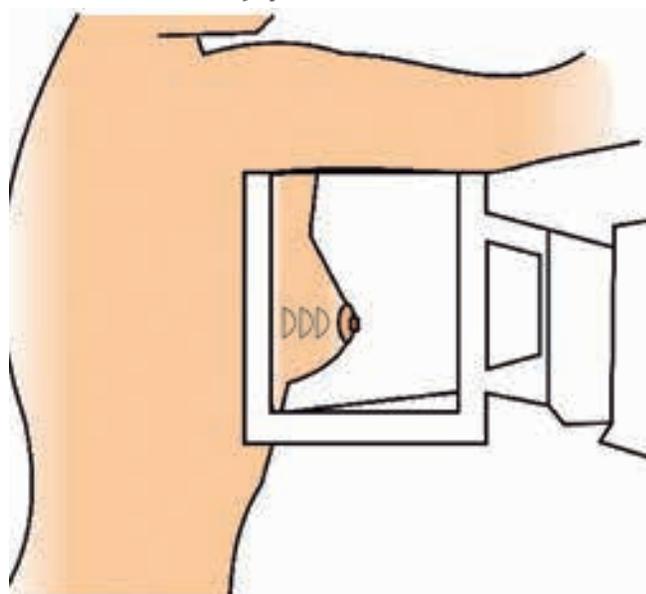
Fonte: Dalke, 2012.

· Projeção Lateromedial

As indicações são as mesmas para a obtenção da mediolateral a 90°. É solicitada quando a lesão está localizada nas porções mediais da mama. Assim, haverá menor distorção geométrica e conseqüentemente melhor definição da imagem. O suporte é posicionado ao longo da superfície medial da mama, com o tubo de raios X e a placa compressora posicionados do lado lateral da mama⁴. A Figura 11 demonstra o posicionamento para a realização da projeção lateromedial.



Figura 11
Projeção lateromedial



Fonte: : Dalke, 2012.

8.3.3 Outras Incidências

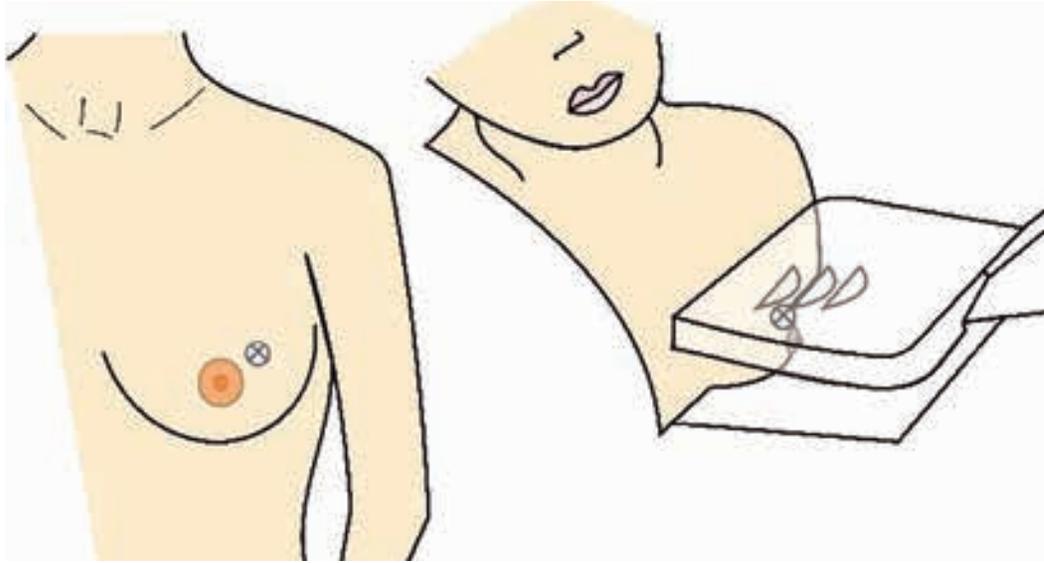
8.3.3.1 Incidência Tangencial

Permite, por exemplo, determinar se as calcificações são subcutâneas.

Condução do exame: deve-se marcar o local de interesse com um objeto radiopaco colocado sobre a pele, no local de interesse. Angula-se o tubo de raios X na incidência que melhor demonstrar a lesão. Posiciona-se a usuária de tal maneira que o marcador fique projetado sobre o suporte da mama. Em seguida efetua-se a compressão. Assim, o feixe tangenciará a marcação. O ajuste dos parâmetros técnicos deverá ser manual^{1,4}. A Figura 12 demonstra um marcador metálico na parte superior da mama e o posicionamento da usuária para a obtenção da incidência tangencial.



Figura 12
Incidência tangencial



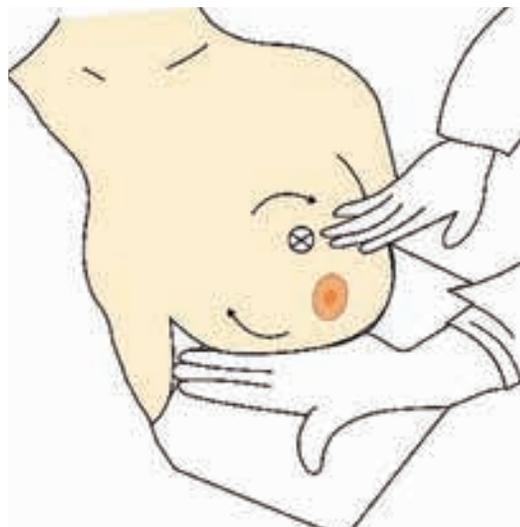
Fonte: Dalke, 2012.

8.3.3.2 Incidências Roladas

Tem como objetivo diferenciar as estruturas do tecido mamário, reduzindo o efeito de sobreposição entre essas estruturas¹.

Condução do exame: posiciona-se uma das mãos por cima da mama e a outra por baixo, rolando uma em direção oposta à outra, tomando-se a papila mamária como eixo de rotação. A seguir a mama é comprimida^{1,4}. A Figura 13 demonstra como realizar a manobra de rolamento.

Figura 13
Manobra para realização da incidência rolada



Fonte: Dalke, 2012.

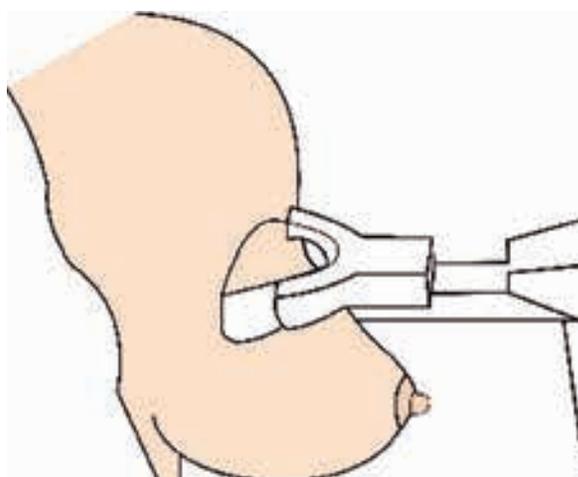


8.3.4 Compressão Localizada

A compressão localizada é utilizada para espalhar estruturas sobrepostas e, também, pode empurrar a lesão para uma posição mais próxima do detector, reduzindo a distorção geométrica. Pode ser realizada em qualquer plano de imagem^{1,4}.

Como fazer: Deve-se localizar a imagem nas incidências de rotina e depois medir o quanto essa imagem dista da papila mamária. Usar a mesma medida marcando a área de interesse sobre a pele com uma caneta. Utiliza-se um pequeno cone para comprimir a área de interesse e colima-se o feixe de radiação^{1,3,4}. A Figura 14 demonstra o posicionamento da usuária para a realização de incidência com compressão localizada.

Figura 14
Incidência em CC utilizando-se a compressão localizada



Fonte: : Dalke, 2012.

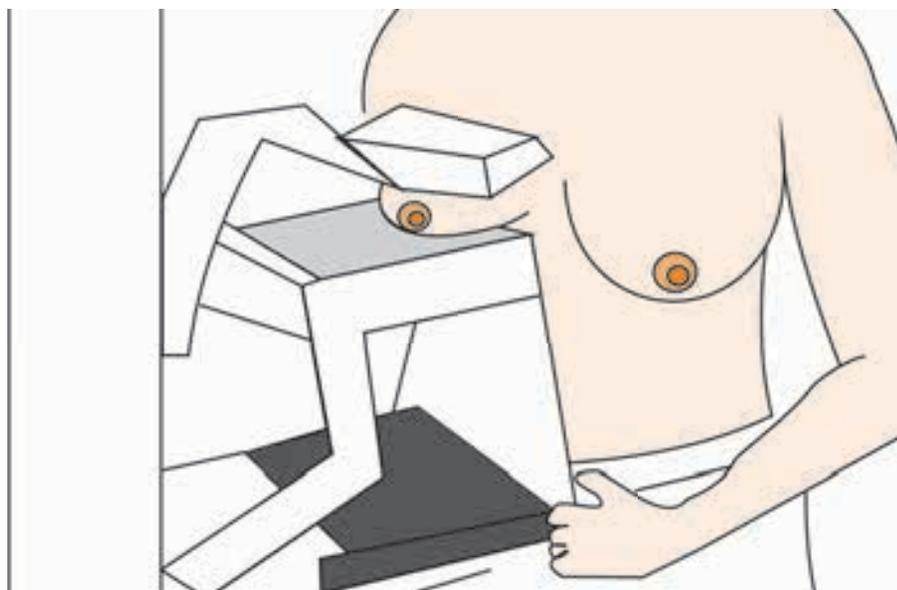
8.3.5 Técnica de Ampliação

É utilizada para analisar microcalcificações e contornos de nódulos.

Como fazer: Posiciona-se a mama o mais próximo possível do ponto focal e a uma distância aproximada de 40cm do detector de imagem. Pode ser realizada em qualquer incidência. A área de interesse é comprimida e o campo de imagem colimado. Escolhe-se um ponto focal pequeno (0,1mm) para compensar o borramento geométrico. A grade é removida^{3,4}. A Figura 15 demonstra o posicionamento da usuária para a realização da técnica de ampliação na incidência em CC.



Figura 15
Técnica de ampliação na incidência em CC



Fonte: Dalke, 2012.

8.3.6 Posicionamento das Mamas com Implantes

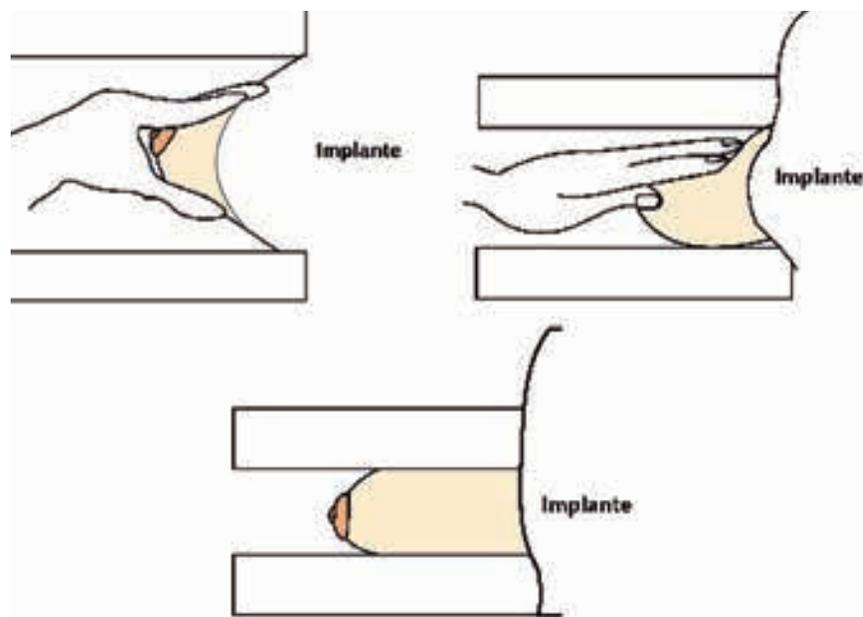
As mamas com implantes requerem ajustes manuais de exposição nas incidências onde os implantes são incluídos. Como os implantes ficam sobre a fotocélula, há uma atenuação dos feixes de raios X fazendo com que haja uma imagem sobre-exposta.

São realizadas quatro incidências. Uma em MLO e outra em CC com os implantes aparecendo nas imagens. O objetivo dessas imagens é estudar as margens do implante e o tecido mamário circundante.

Outras duas incidências adicionais em MLO e em CC ou nas projeções laterais a 90° devem ser realizadas utilizando-se o método de Eklund. Neste método, o tecido glandular é tracionado anteriormente, sendo, dessa maneira, afastado do implante. Este é empurrado contra a parede torácica enquanto a placa de compressão é posicionada gradualmente sobre o tecido mamário localizado anteriormente ao implante. Quando a manobra de Eklund é realizada, pode-se utilizar o controle automático de exposição^{1,3,4}. As Figuras 16 e 17 demonstram, respectivamente, a execução da manobra de Eklund e imagens obtidas de mamas com implantes.

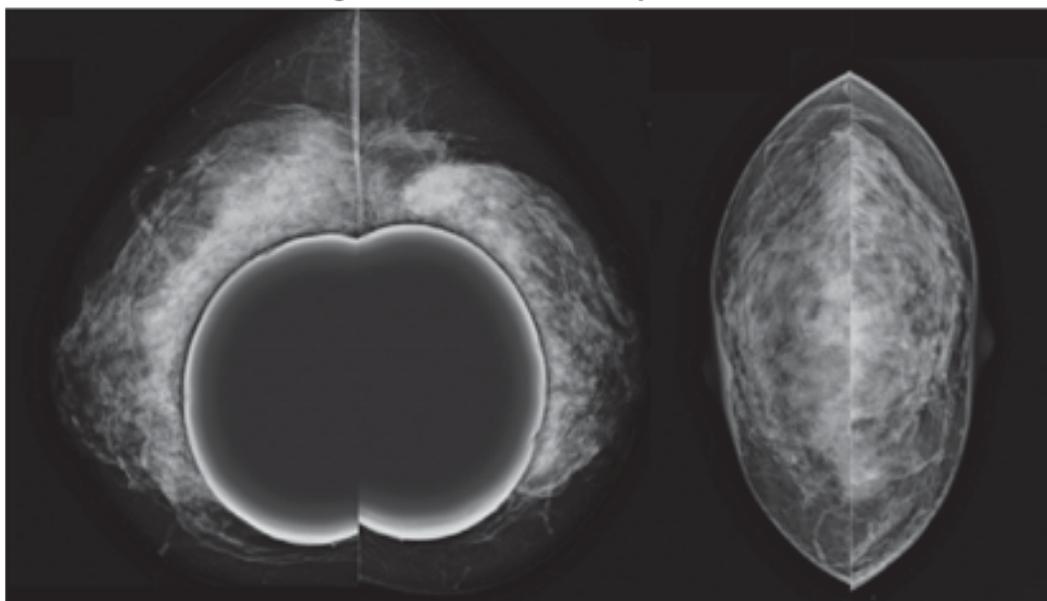


Figura 16
Etapas da manobra de Eklund



Fonte: Dalke, 2012.

Figura 17
Exames de mamografia realizados antes e após a manobra de Eklund



Exame de mamografia na incidência em CC após a realização da manobra de Eklund.

Fonte: Clínica ImaX Digital.

8.4 Finalização do Exame

Fornecer informações à usuária quanto à data de retirada do exame. Qualquer intercorrência durante o exame, quer seja com a usuária ou com o equipamento, deverá ser registrada e comunicada ao responsável pelo serviço ou departamento de imagem.



Referências

- ¹ AGUILAR, V.; BAUAB, S.; MARANHÃO, N. **Mama – Diagnóstico por Imagem: mamografia ultrassonografia ressonância magnética.** Rio de Janeiro: Revinter, 2009.
- ² INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Controle do câncer de mama: documento de consenso.** Rio de Janeiro: INCA; 2004. 36p.
- ³ HEYWANG- KOBRUNNER, Sylvia H. et al. **Mama – Diagnóstico por Imagem: Correlação entre mamografia, ultrassonografia, ressonância magnética, tomografia computadorizada e procedimentos intervencionistas.** Rio de Janeiro: Revinter, 1999.
- ⁴ KOPANS, Daniel B. **Breast Imaging** 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007





9 Achados de Imagem no Exame de Mamografia

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*

Diferentes alterações no tecido mamário podem produzir achados de imagem semelhantes. Em alguns casos, esses achados refletem as mudanças histológicas que caracterizam as alterações encontradas¹.

O Colégio Americano de Radiologia (*American College of Radiology – ACR*), com várias instituições, desenvolveu um descritor denominado Sistema de Laudos e Registro de Dados de Imagem da Mama – BI-RADS® (*Breast Imaging Report and Data System*). O Colégio Brasileiro de Radiologia (CBR) publicou sua primeira edição, em 2004, baseada na quarta edição americana, publicada em 2003. Esse descritor é uma ferramenta de garantia de qualidade. Visa à padronização dos relatórios médicos de exames mamográficos, o balizamento na interpretação das imagens e a facilitação no monitoramento dos resultados².

O BI-RADS® é dividido em seis seções. Apenas a primeira seção, referente ao Léxico de Imagens da Mama, será aqui abordada, uma vez que interfere diretamente no trabalho do técnico em radiologia. Nela veremos que o câncer mamário pode apresentar vários padrões de imagem, entre eles nódulos, microcalcificações e assimetrias. Esses termos são definidos pelo BI-RADS®.

Ao realizar-se o exame radiográfico das mamas, deve-se observar a composição predominante do tecido mamário. O padrão mamário pode variar de mamas predominantemente constituídas por gordura até mamas em que há mais de 75% de tecido glandular compondo-as (mamas extremamente densas)^{1,2,3}. A composição do tecido mamário é fator decisivo na seleção dos parâmetros técnicos utilizados para a exposição. Também interferem na sensibilidade diagnóstica do exame³.

Quando são observadas alterações, estas devem ser estudadas visando a sua classificação, para que condutas apropriadas sejam adotadas^{1,3}.

* Médica Radiologista. Membro Titular do Colégio Brasileiro de Radiologia. Membro Titular da Sociedade Brasileira de Radiologia. Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo. Mestre em Medicina pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia.

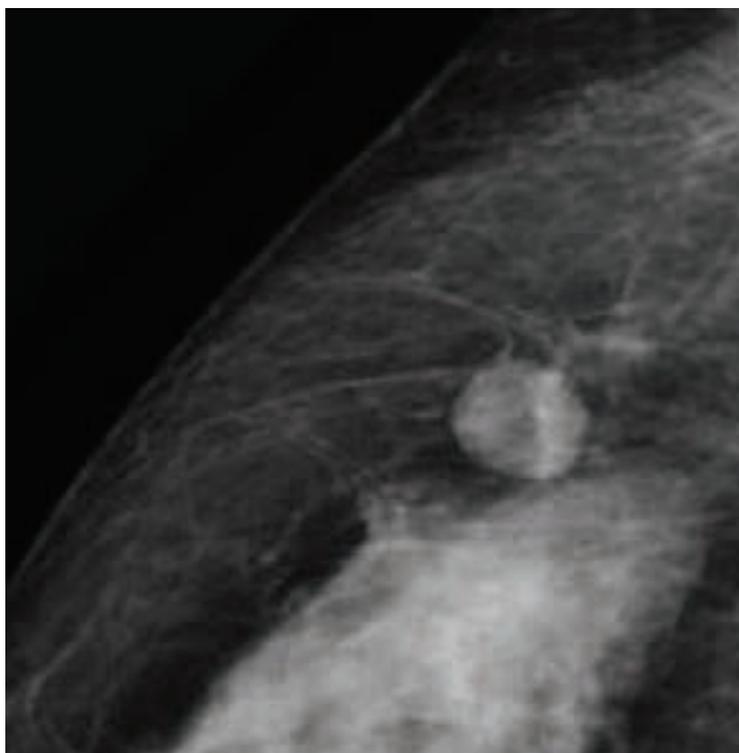


9.1 Léxico do BI-RADS®

9.1.1 Nódulo

O nódulo é descrito como uma lesão que ocupa um lugar no espaço e que, por convenção, mede até 3cm. Quando maior que 3cm é chamado de massa. É visto em mais de uma incidência diferente – caso contrário, é denominado assimetria. Ao ser descrito, um nódulo deve ser caracterizado quanto ao seu tamanho, formato, margem e densidade, em relação ao tecido mamário circundante. Caso haja calcificações de perimeio, essas devem ser caracterizadas².

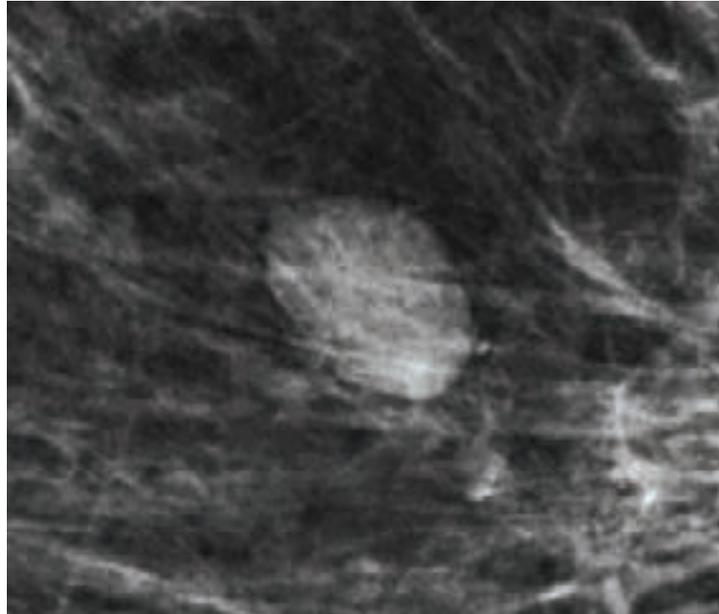
Figura 1
Nódulo com forma arredondada



Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

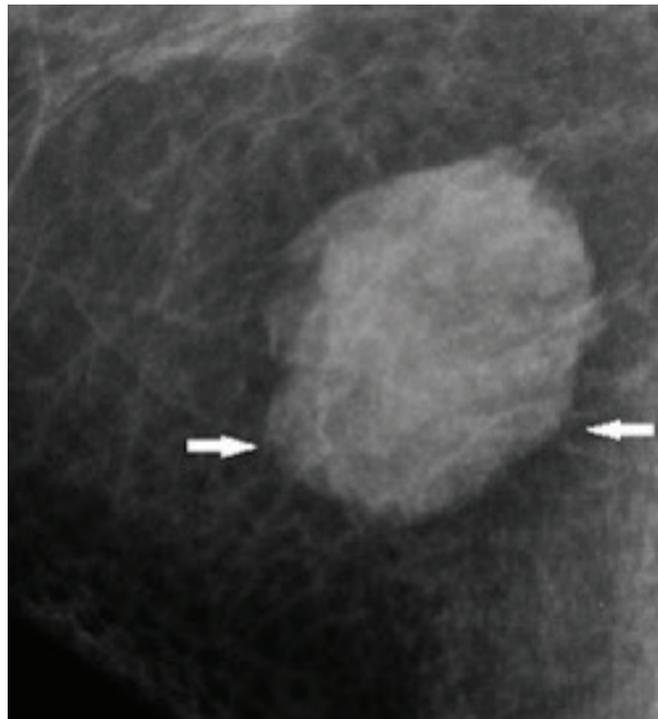


Figura 2
Nódulo com forma elíptica ou ovóide



Fonte: : Clínica ImaX Digital, Curitiba, 2012.

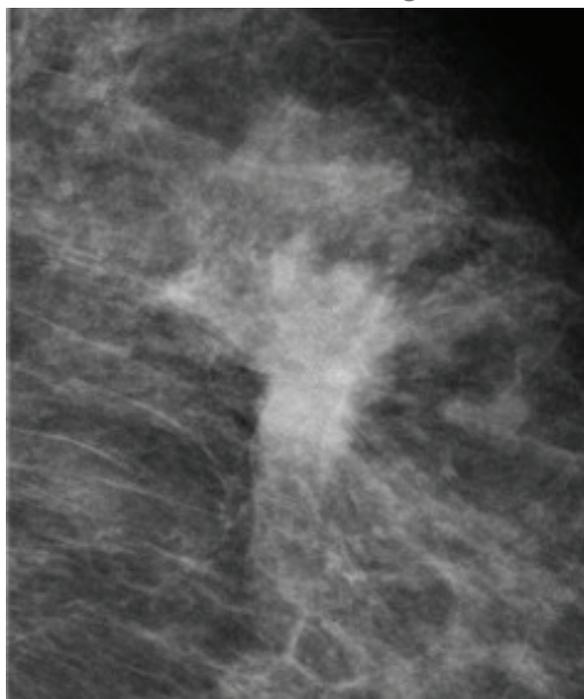
Figura 3
Nódulo com forma lobulada



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto, Serviço de Radiologia, [s/d].



Figura 4
Nódulo com forma irregular



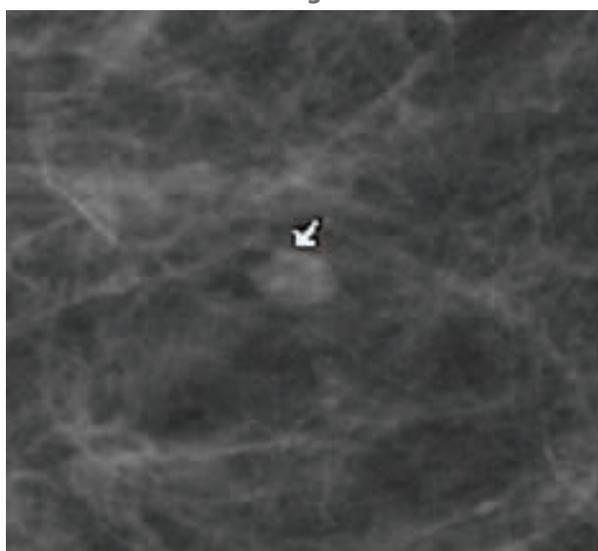
Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/
Ribeirão Preto, [s/d].

9.1.1.1 Margem

Modifica a forma do nódulo².

A Figura 5 mostra nódulo com margem circunscrita no qual mais de 75% desta margem é bem definida².

Figura 5
Nódulo com margem circunscrita

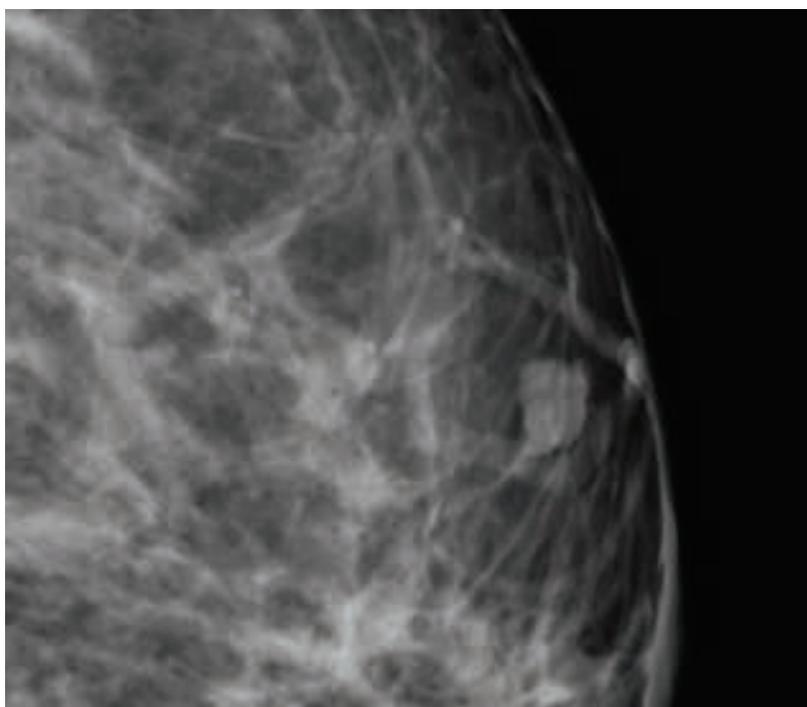


Fonte: : Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



A Figura 6 demonstra um nódulo com margens microlobuladas. São observadas pequenas ondulações que caracterizam este tipo de margem².

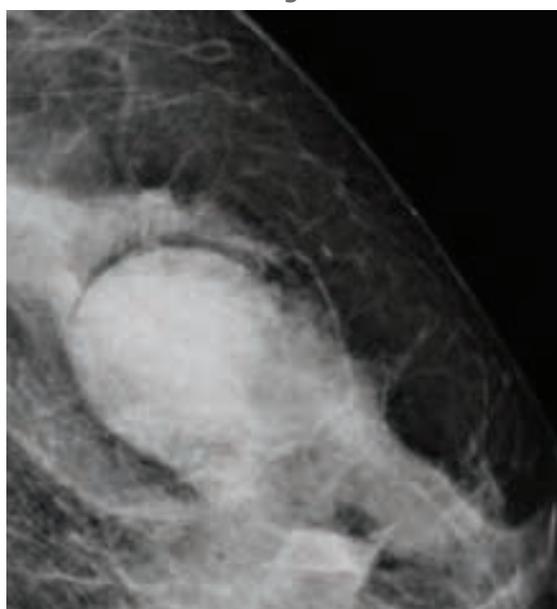
Figura 6
Nódulo: com margem microlobulada, onde são observadas pequenas ondulações



Fonte: Nódulo com margem microlobulada

A Figura 7 demonstra nódulo com margem obscurecida. Parte da lesão é sobreposta por tecido circundante o que impede sua caracterização².

Figura 7
Nódulo com margem obscurecida

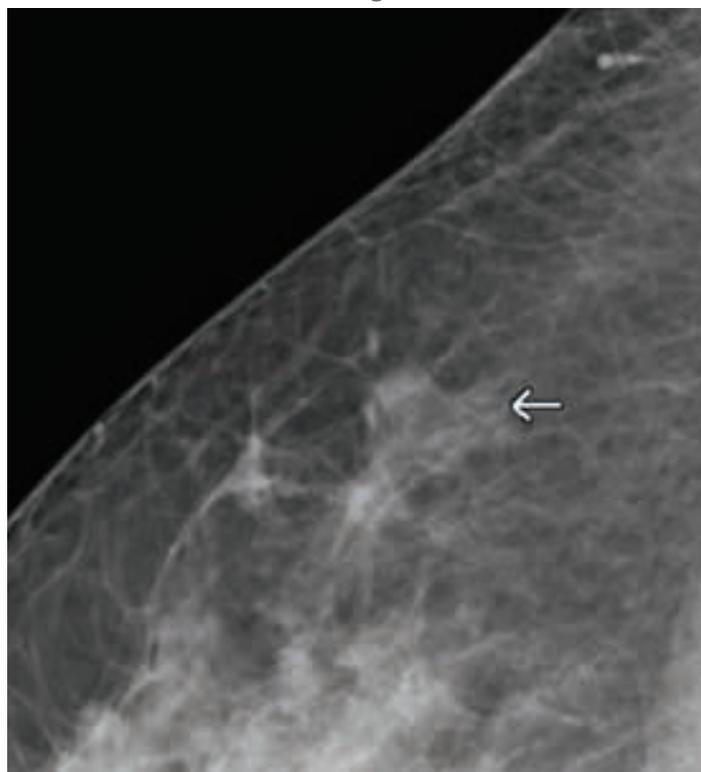


Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



A Figura 8 demonstra nódulo com margem indistinta. Nesse caso, existe a possibilidade de que o tecido circundante esteja infiltrado pela lesão².

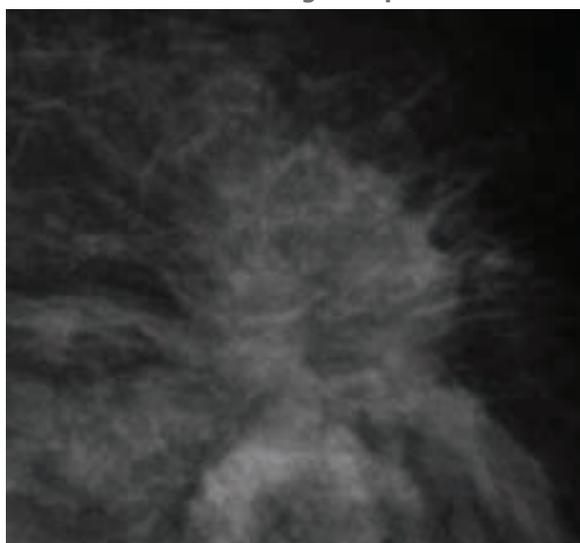
Figura 8
Nódulo com margem indistinta



Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

A Figura 9 mostra um exemplo de nódulo com margem espiculada. Esta é caracterizada por linhas irradiadas da margem do nódulo².

Figura 9
Nódulo com margem espiculada



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/
Ribeirão Preto, [s/d].

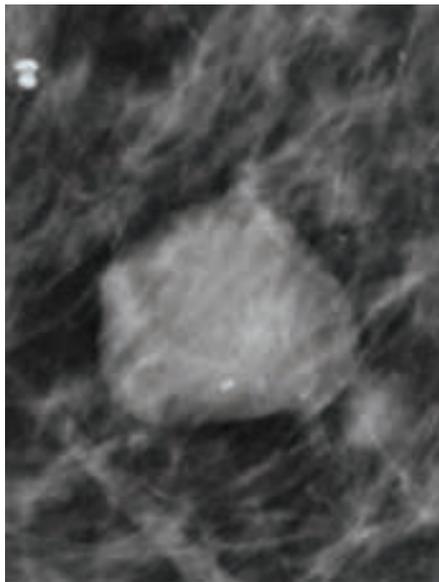


9.1.1.2 Densidade

Define a atenuação dos raios X pela lesão. Essa comparação deve ser realizada com uma amostra de tecido de volume igual ao da lesão. A maioria dos cânceres que se apresentam sob a forma de nódulos possui densidade igual ou superior à mostra de tecido mamário².

A Figura 10 mostra um nódulo com alta densidade em relação ao tecido mamário circundante.

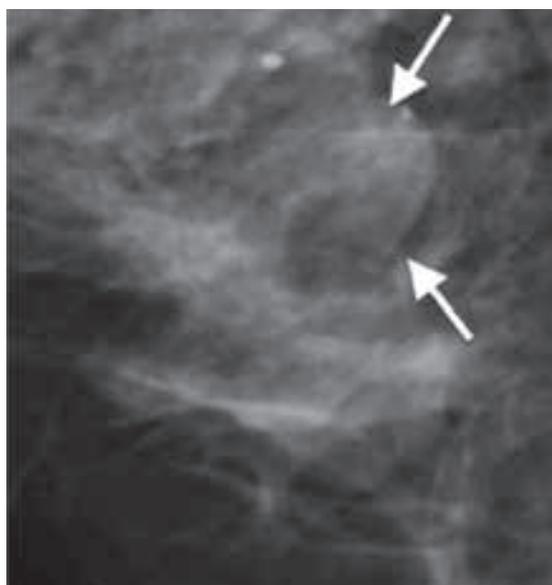
Figura 10
Nódulo com alta densidade



Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

A Figura 11 mostra um nódulo isodenso, quando comparado com o tecido mamário circundante.

Figura 11
Nódulo isodenso

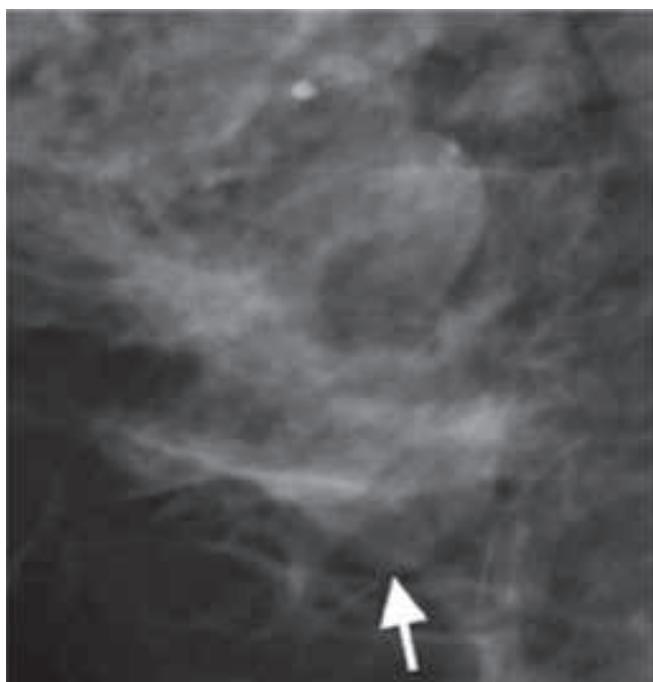


Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



A Figura 12 mostra exemplo de um nódulo de baixa densidade, quando comparado com o tecido mamário circundante.

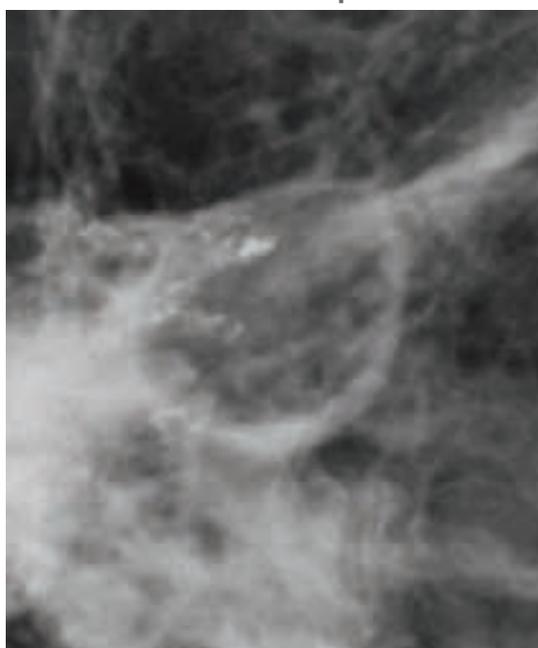
Figura 12
Nódulo de baixa densidade, sem conteúdo gorduroso



Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

A Figura 13 mostra um nódulo radiotransparente. Há conteúdo gorduroso nesse nódulo.

Figura 13
Nódulo radiotransparente



Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



9.2 Calcificações

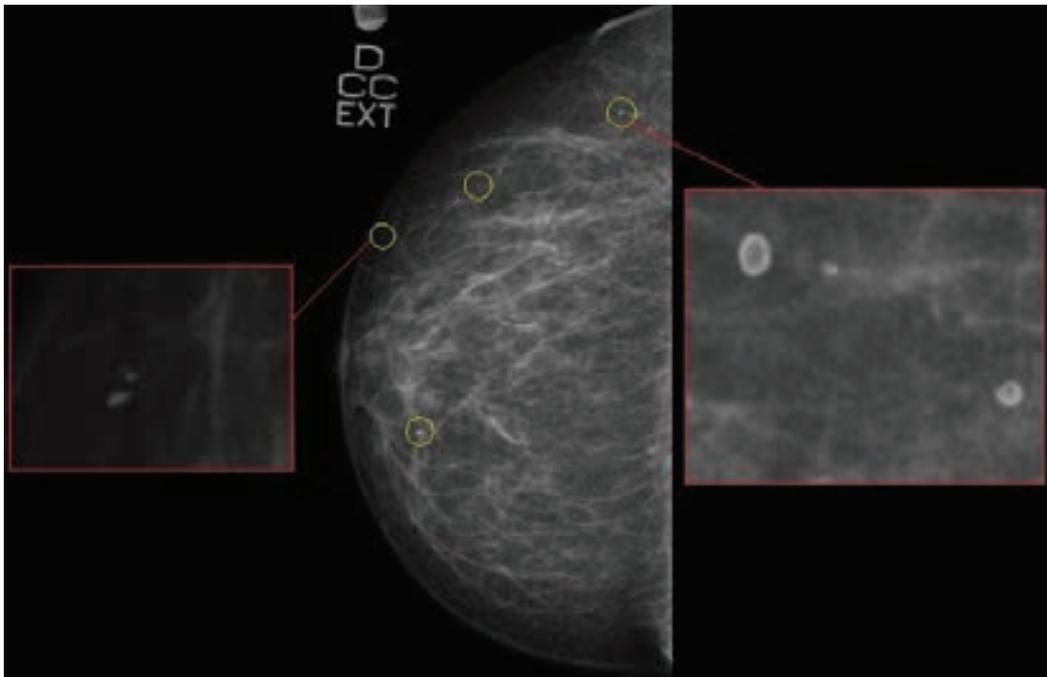
As calcificações são avaliadas quanto à morfologia e distribuição².

Quanto à forma podem ser:

a) Calcificações tipicamente benignas

- Calcificações de pele – possuem centro radiotransparente. Localizadas, geralmente, em regiões como a prega inframamária, a região paraesternal, a axila e a aréola²(Figura 14).

Figura 14
Calcificações benignas da pele

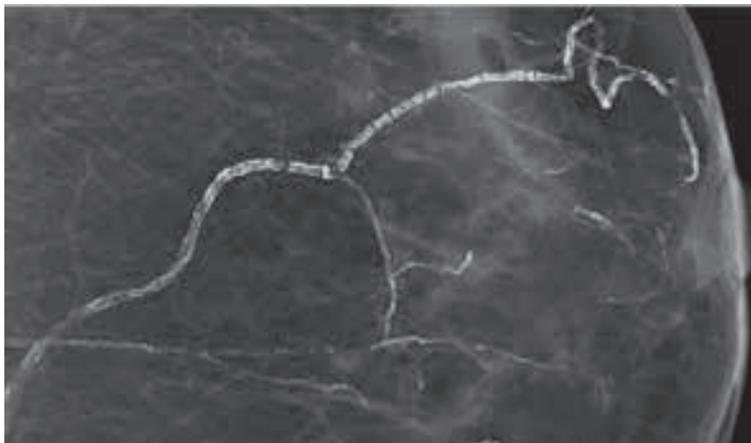


Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto, [s/d].



- Calcificações vasculares – são calcificações lineares associadas a estruturas tubulares² (Figura 15).

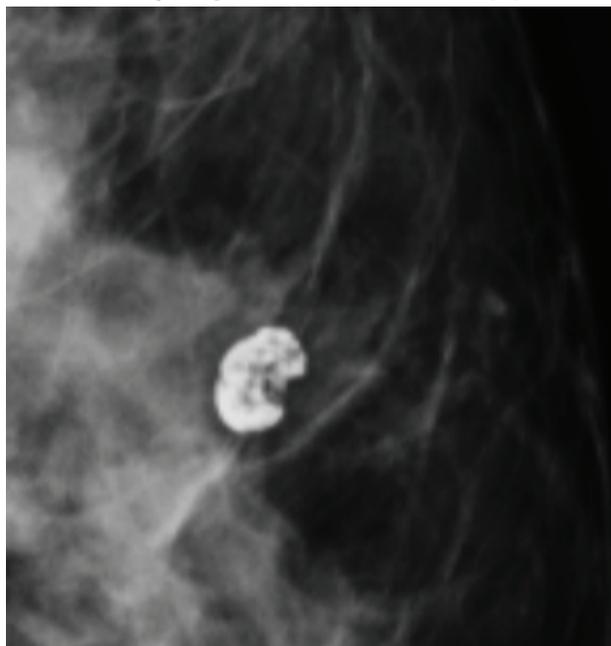
Figura 15
Calcificações vasculares



Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

- Calcificações grosseiras – são calcificações maiores que 2 a 3mm. Podem ocorrer em fibroadenomas em involução^{2,3}(Figura 16).

Figura 16
Calcificações grosseiras em forma de pipoca

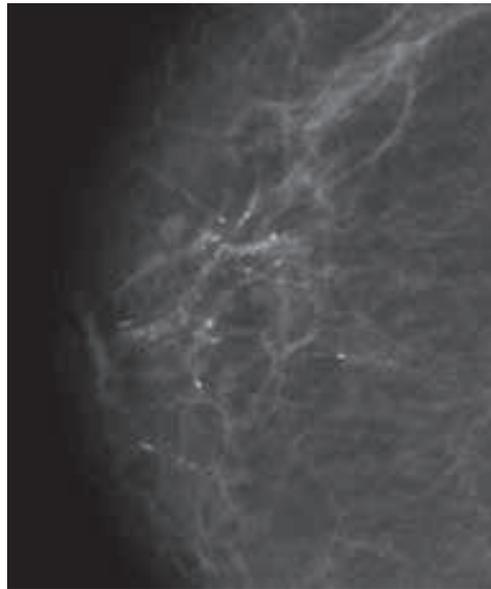


Fonte: : Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



- Calcificações semelhantes a bastonetes – são associadas à ectasia ductal. Podem ser lineares, sólidas ou descontínuas. Seguem distribuição ductal e irradiam para a papila. Geralmente são bilaterais. Podem ser observadas em mulheres acima de 60 anos como consequência de doença secretória² (Figura 17).

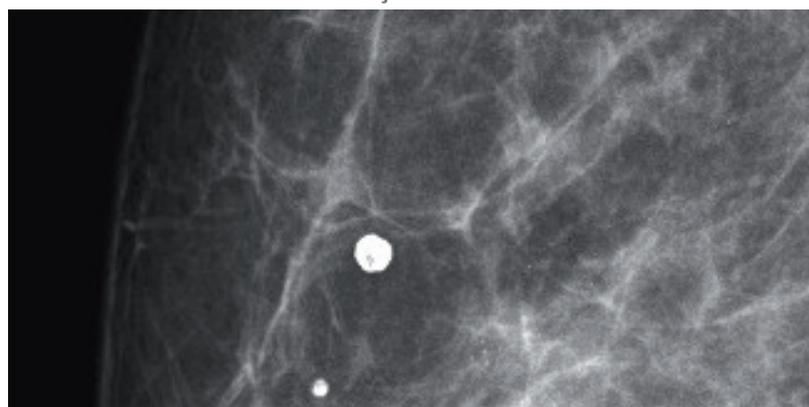
Figura 17
Calcificações semelhantes a bastonetes



Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

- Calcificações redondas – podem ser consideradas benignas quando dispersas. Quando pequenas, menores que 1mm, são formadas nos ácinos. Quando menores de 0,5mm podem ser denominadas puntiformes. Um grupo isolado de calcificações puntiformes pode justificar um acompanhamento em menor espaço de tempo ou mesmo biópsia. Essa conduta pode ser adotada quando esse grupo de calcificações é um achado novo em relação ao exame anterior, ou, ainda, quando localizado em região próxima a um câncer previamente diagnosticado². A Figura 18 demonstra calcificações redondas.

Figura 18
Calcificações redondas

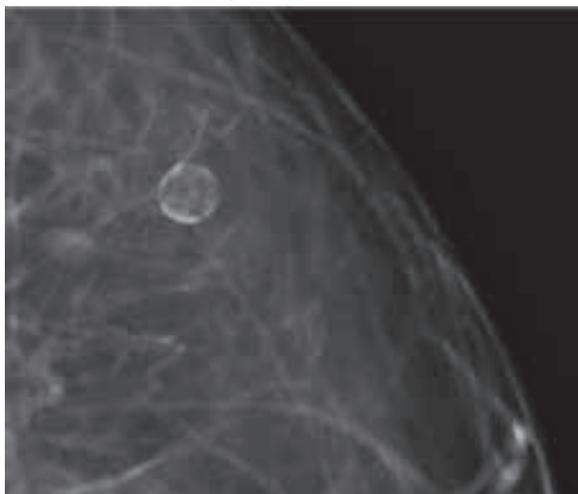


Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto, [s/d].



- Calcificações em casca de ovo ou em anel – são calcificações muito finas (menores que 1mm de espessura, quando vistas em perfil) e estão depositadas na superfície de uma esfera. Necrose gordurosa e calcificações na parede de cistos são exemplos comuns desses tipos de calcificações² (Figura 19).

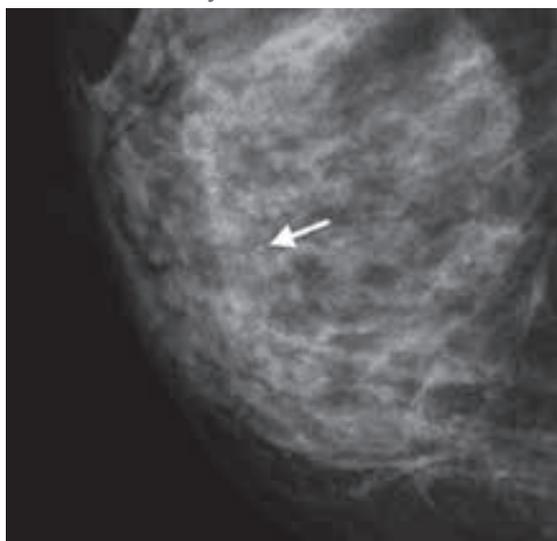
Figura 19
Calcificação em casca de ovo



Fonte: : Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

- Calcificações em leite de cálcio – são calcificações localizadas no interior de cistos. Na incidência em CC são menos evidentes e podem aparecer como depósitos amorfos, indistintos e redondos. Na incidência em perfil a 90° são mais bem definidas (Figura 20). Podem apresentar formato em meia-lua, em crescente ou curvilínea (côncava), definindo a parede inferior dos cistos. O mais importante é a mudança do aspecto destas calcificações nas diferentes incidências².

Figura 20
Calcificações em leite de cálcio

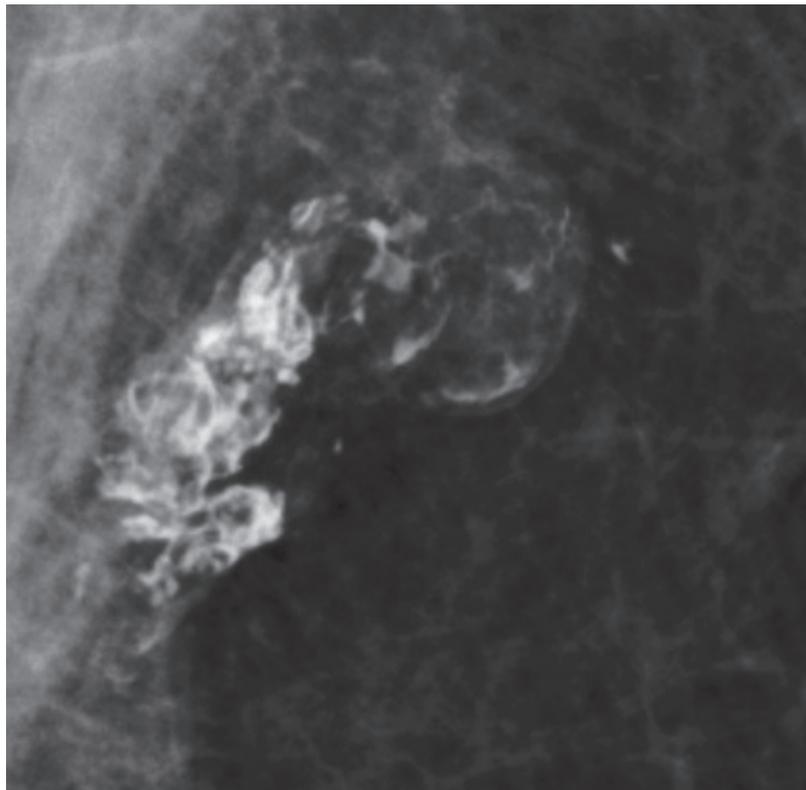


Fonte: : Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



- Calcificações de fios de sutura – são calcificações sobre fios de sutura. Possuem aparência linear ou tubular².
- Calcificações distróficas – são calcificações irregulares, grosseiras, geralmente maiores que 0,5mm e com centro radiotransparente (Figura 21). Podem ser observadas nas mamas após trauma ou irradiação^{2,3}.

Figura 21
Calcificação distrófica



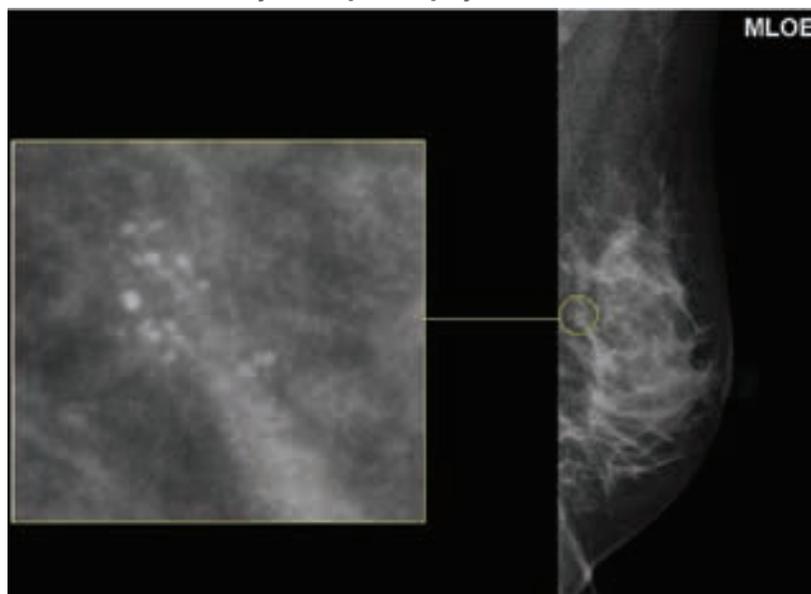
Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

b) Calcificações suspeitas ou de preocupação intermediária

- Amorfas ou indistintas – são calcificações difíceis de serem classificadas quanto à morfologia por serem muito pequenas ou de aparência imprecisa (Figura 22). Quando possuem distribuição difusa podem ser classificadas como benignas. Incidências com ampliação podem ajudar na sua caracterização. Quando possuem uma distribuição linear, regional, agrupada ou segmentar, podem justificar uma biópsia^{1,2,3}.



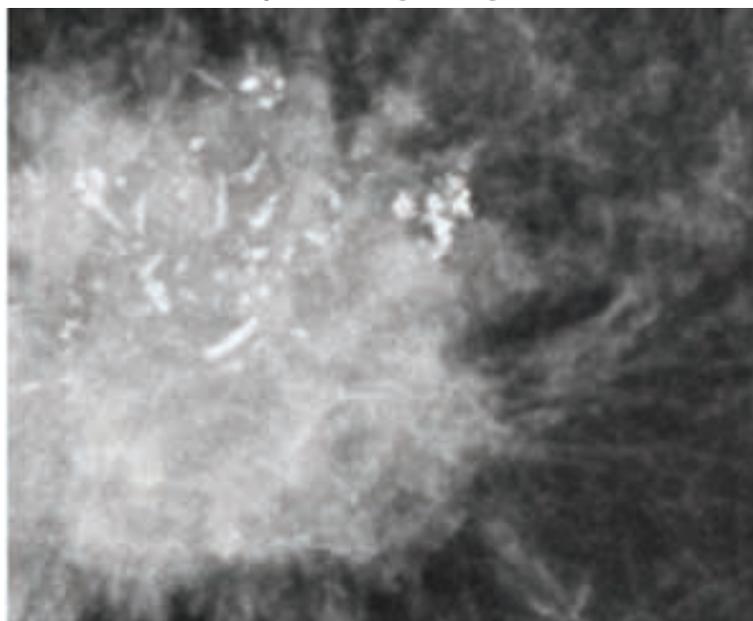
Figura 22
Calcificações de preocupação intermediária



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, USP/Ribeirão Preto, [s/d].

- Calcificações heterogêneas grosseiras – são maiores que 0,5mm, irregulares e tendem a coalescer (Figura 23). Podem estar associadas a processos malignos ou benignos em evolução para calcificações distróficas como aquelas vistas em áreas de fibrose, fibroadenomas ou trauma^{2,3}.

Figura 23
Calcificações heterogêneas grosseiras



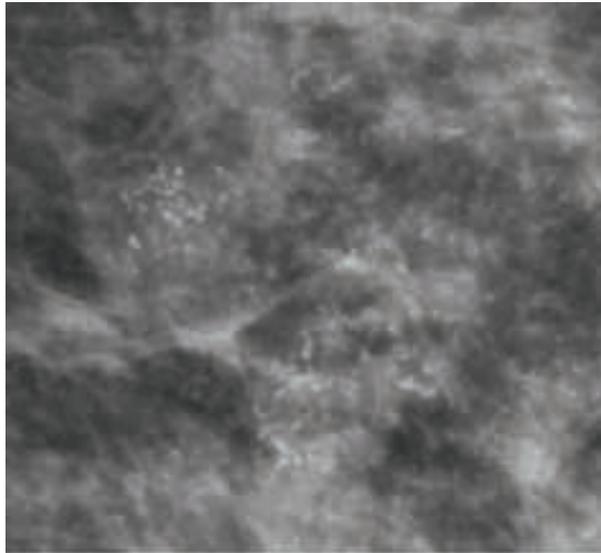
Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto, [s/d].



c) Calcificações com alta probabilidade de malignidade

- Calcificações pleomórficas finas: essas variam em tamanho e forma. Geralmente possuem menos que 0,5mm de diâmetro² (Figura 24).

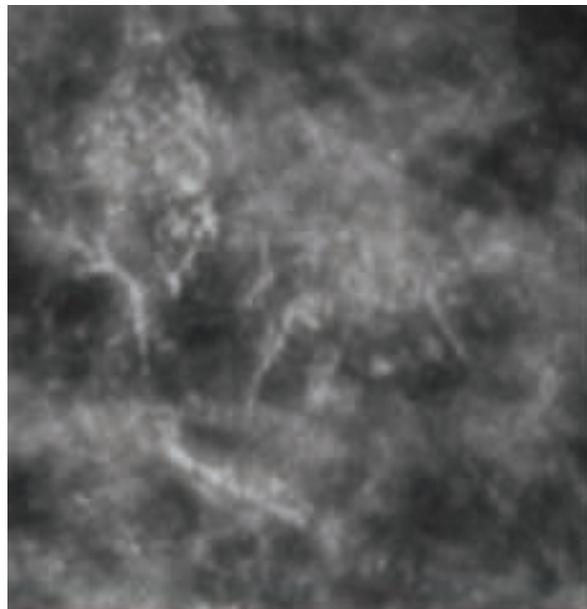
Figura 24
Calcificações pleomórficas finas



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/
Ribeirão Preto, [s/d].

- Calcificações finas lineares ou finas lineares ramificadas: são calcificações finas, lineares ou curvilíneas. Seu comprimento pode ser menor que 0,5mm²(Figura 25).

Figura 25
Calcificações finas lineares e finas lineares ramificadas



Fonte: : Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina,
USP/Ribeirão Preto, [s/d].

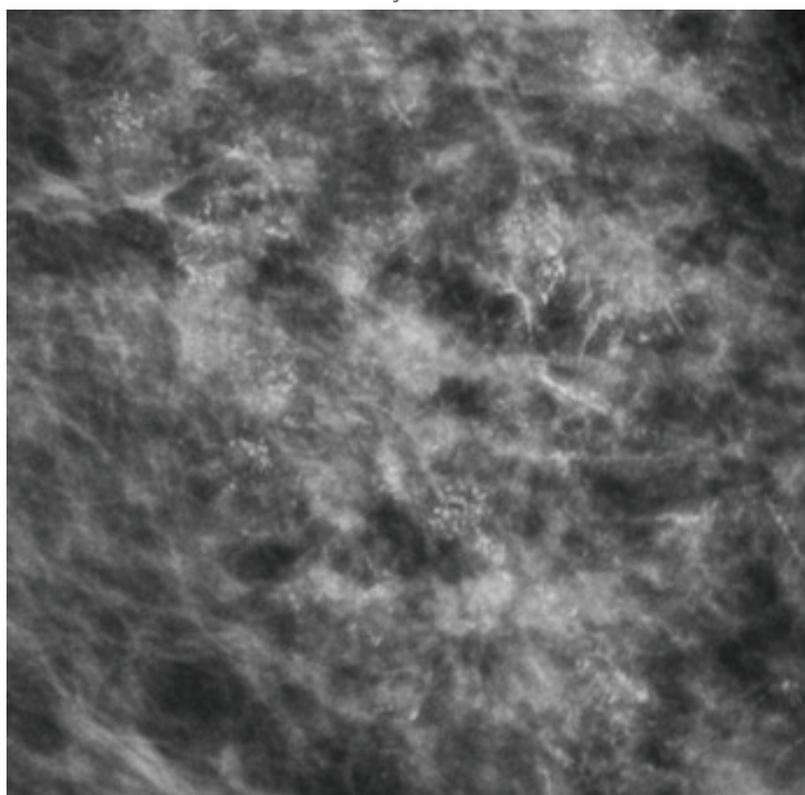


9.2.2 Modificadores de distribuição das calcificações

Os modificadores de distribuição são utilizados para descrever a distribuição das calcificações na mama. Podem ser descritas como a seguir²:

- Difusas ou disseminadas: são calcificações distribuídas aleatoriamente pelas mamas (Figura 26). As calcificações puntiformes e amorfas, difusamente distribuídas, são consideradas benignas^{2,3}.

Figura 26
Calcificações difusas

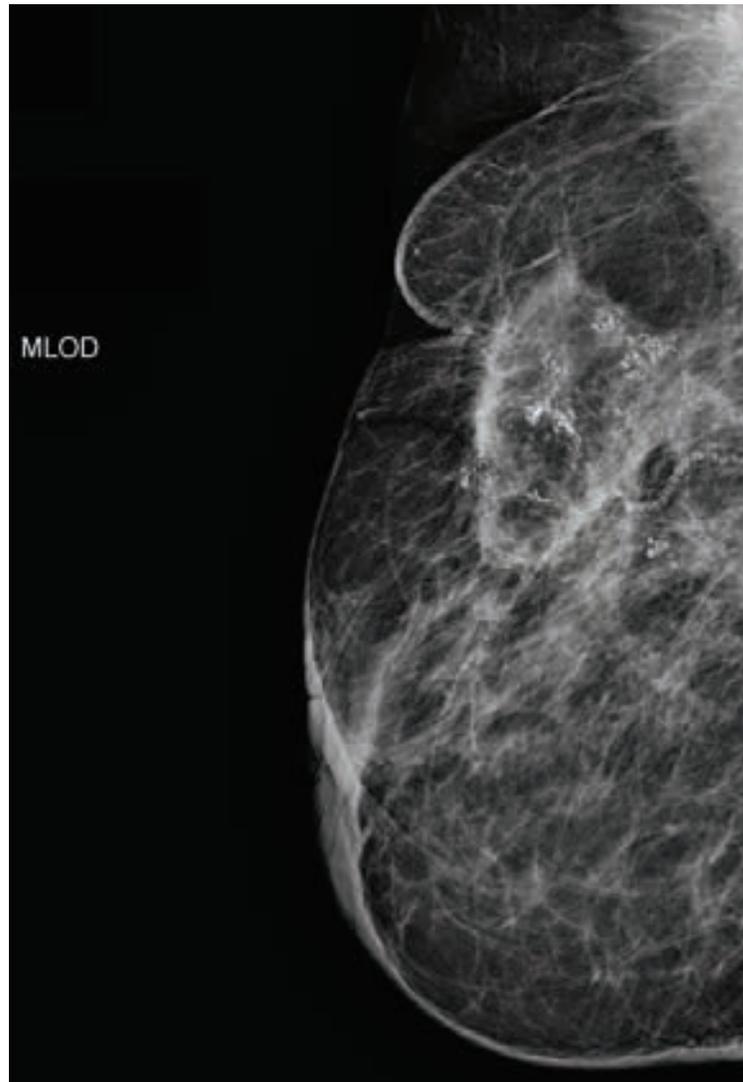


Fonte: : Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto, [s/d].



- Regionais: são calcificações disseminadas em um grande volume de tecido mamário (mais de 2cm³), sem configurar uma distribuição ductal. Podem envolver parte de um quadrante ou mais do que um quadrante² (Figura 27).

Figura 27
Calcificações com distribuição regional

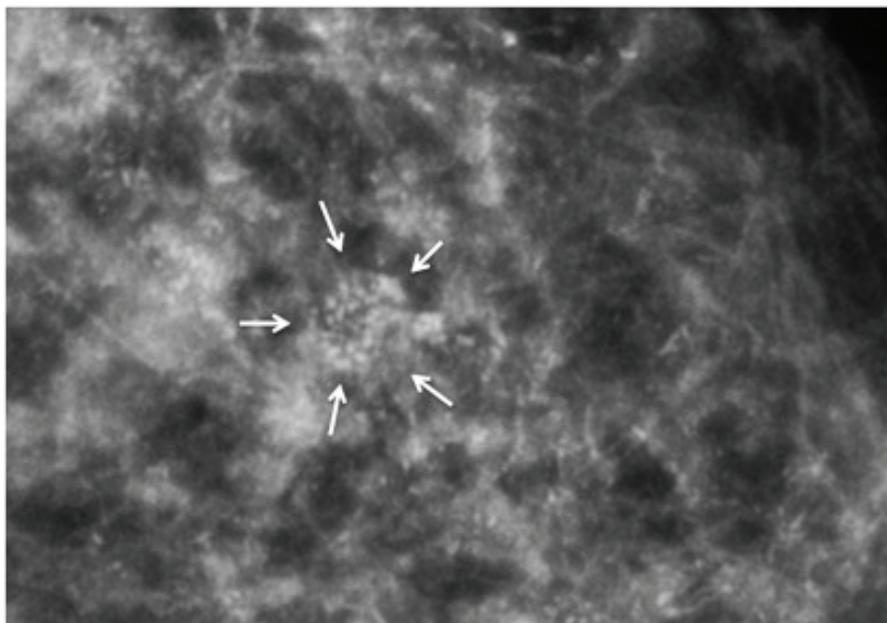


Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



- **Agrupadas:** esse termo é utilizado quando pelo menos cinco calcificações ocupam um pequeno volume de tecido (1cm^3)² (Figura 28).

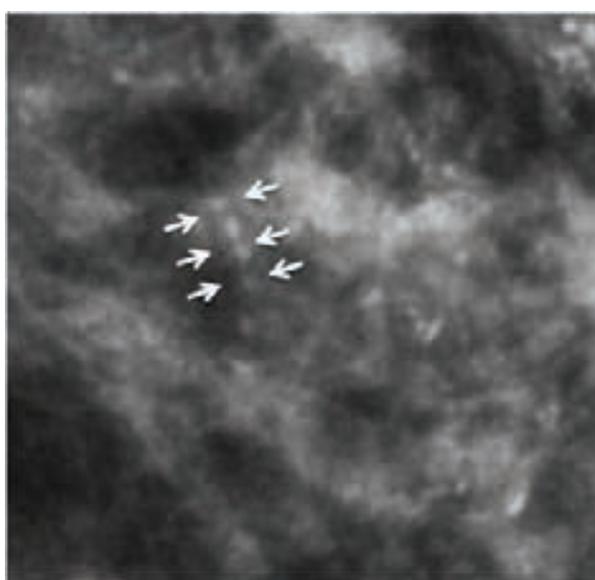
Figura 28
Agrupamento de calcificações



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto, [s/d].

- **Lineares:** são calcificações dispostas em linha. Como sugerem deposição ductal, podem levantar suspeita de malignidade^{2,3} (Figura 29).

Figura 29
Distribuição linear de calcificações

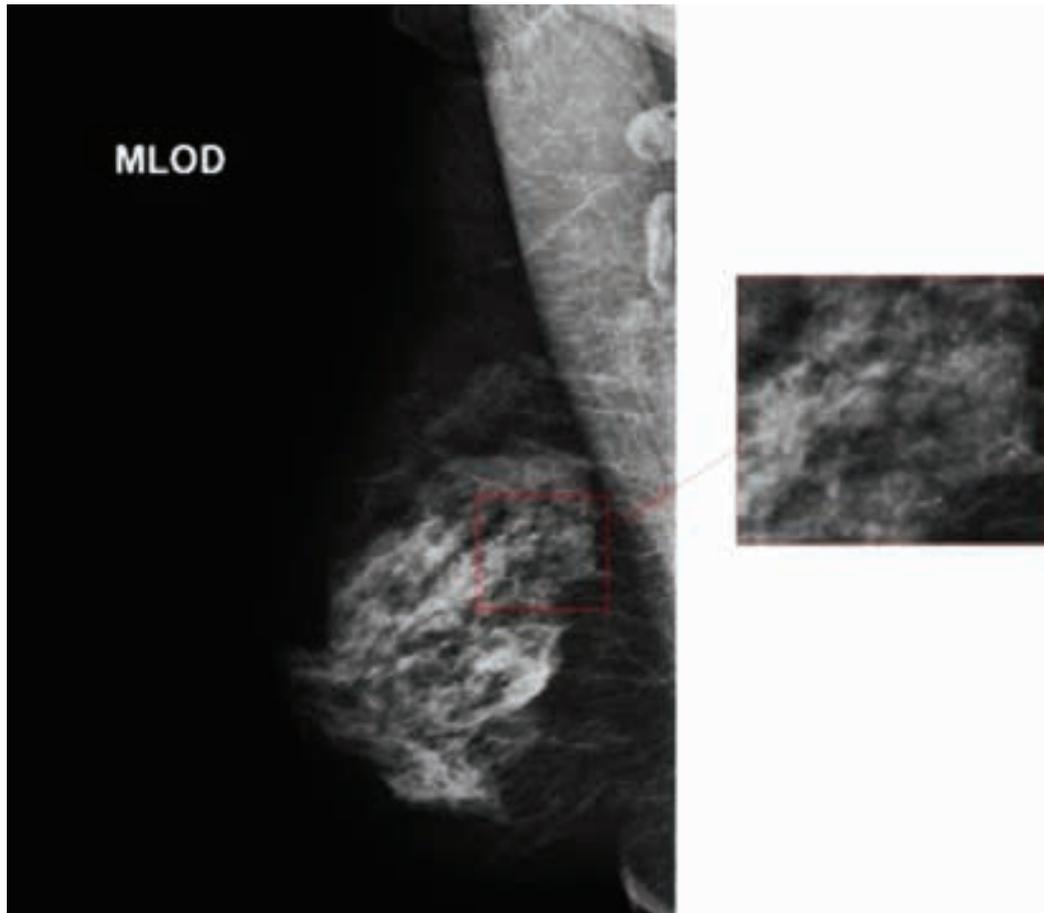


Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto, [s/d].



- Segmentares: essa distribuição sugere depósito em um ducto. Suas ramificações levantam a possibilidade de envolvimento de um lobo ou segmento da mama (Figura 30). A morfologia das calcificações distinguirá calcificações benignas de calcificações malignas. Uma distribuição segmentar pode levantar suspeita sobre calcificações de aspecto puntiforme ou amorfas ^{1,2,3}.

Figura 30
Distribuição segmentar de calcificações lineares finas



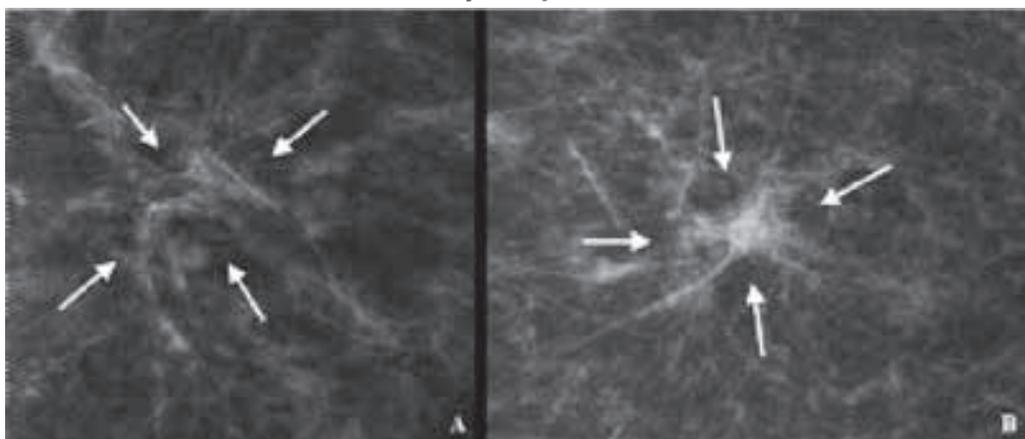
Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto.

9.3 Distorção Arquitetural

Na distorção arquitetural a anatomia da mama está alterada sem que nenhum nódulo seja identificado. É caracterizada pela presença de linhas finas ou espiculadas que se irradiam a partir de um ponto. Também podem incluir retração ou distorção focal do tecido mamário. A distorção arquitetural pode estar associada a nódulos, assimetrias ou calcificações. Quando não há história de cirurgia ou trauma prévios, uma biópsia deve ser indicada a fim de se descartar um processo maligno ^{1,2,3}.



Figura 31
Distorção arquitetural

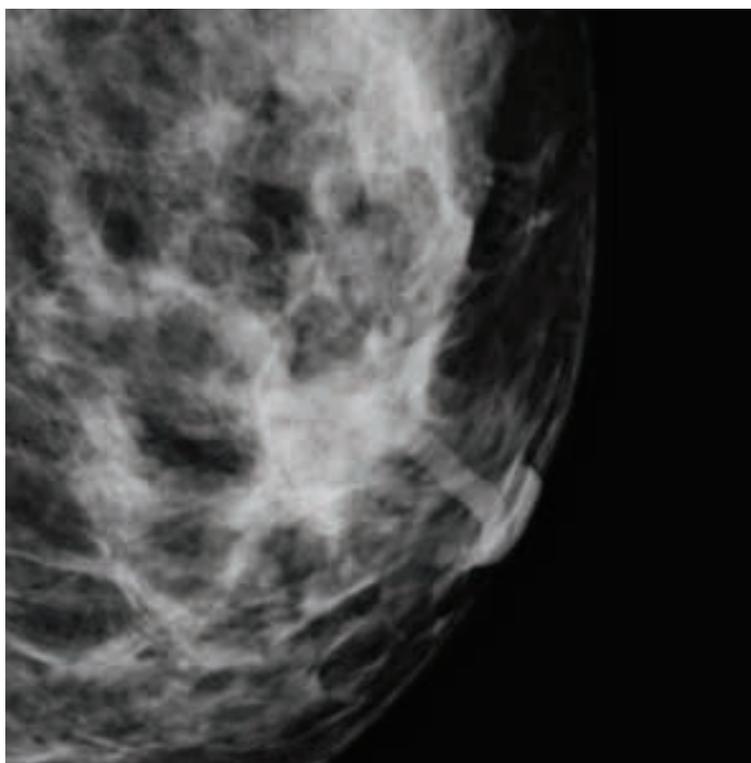


A – Distorção arquitetural não cirúrgica. B – Distorção arquitetural pós-cirúrgica
Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto.

9.4 Casos Especiais

- Estrutura tubular assimétrica /ducto solitário dilatado: podem estar associados a outros achados suspeitos, quer sejam clínicos, quer sejam achados de imagem^{2,3} (Figura 32).

Figura 32
Ducto solitário dilatado

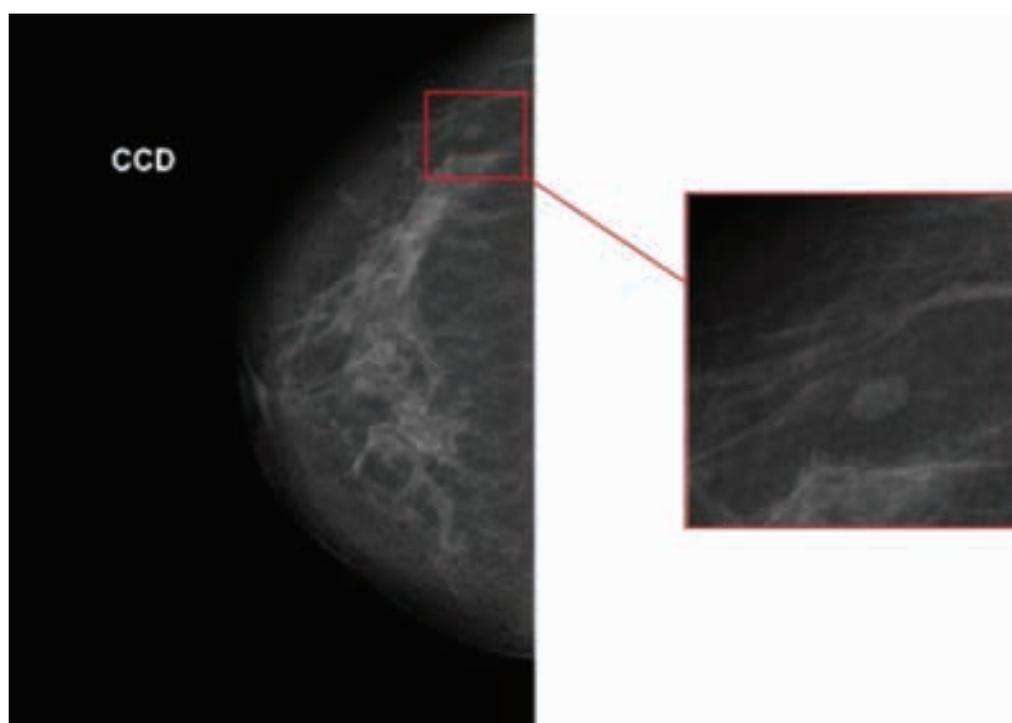


Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



- **Linfonodos intramamários:** geralmente estão localizados nas porções superiores e laterais da mama, porém podem estar presentes em qualquer localização. Sua aparência típica é similar a um grão de feijão, com centro radiotransparente devido à presença de gordura. Seu tamanho usual é de um centímetro ou menos. Quando maiores que um centímetro e arredondados, podem ser classificados como normais, caso sua constituição seja predominantemente gordurosa ^{2,3}(Figura 33).

Figura 33
Linfonodo intramamário normal

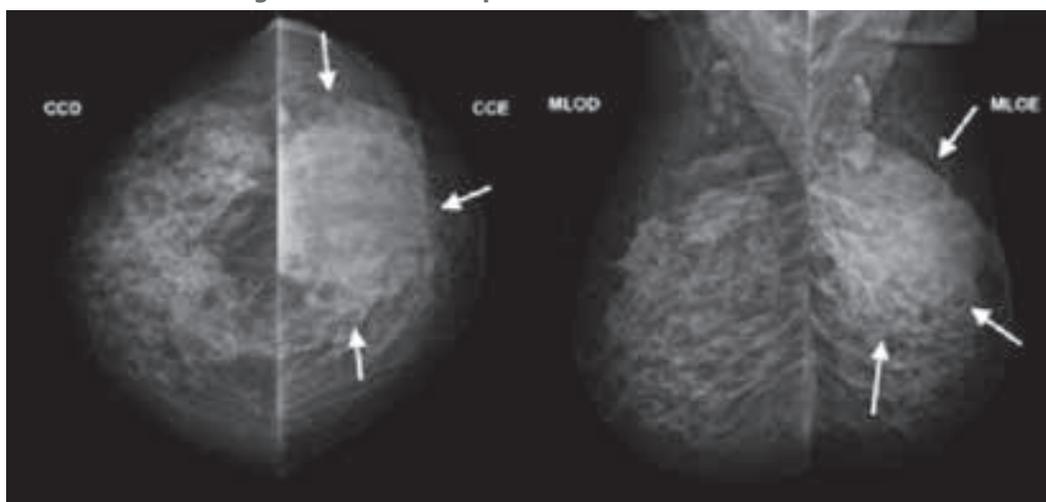


Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto.



- Assimetria global: geralmente representa uma variação normal quando não corresponde a uma anormalidade palpável. O tecido assimétrico é avaliado em relação à área correspondente na mama contralateral ^{2,3} (Figura 34).

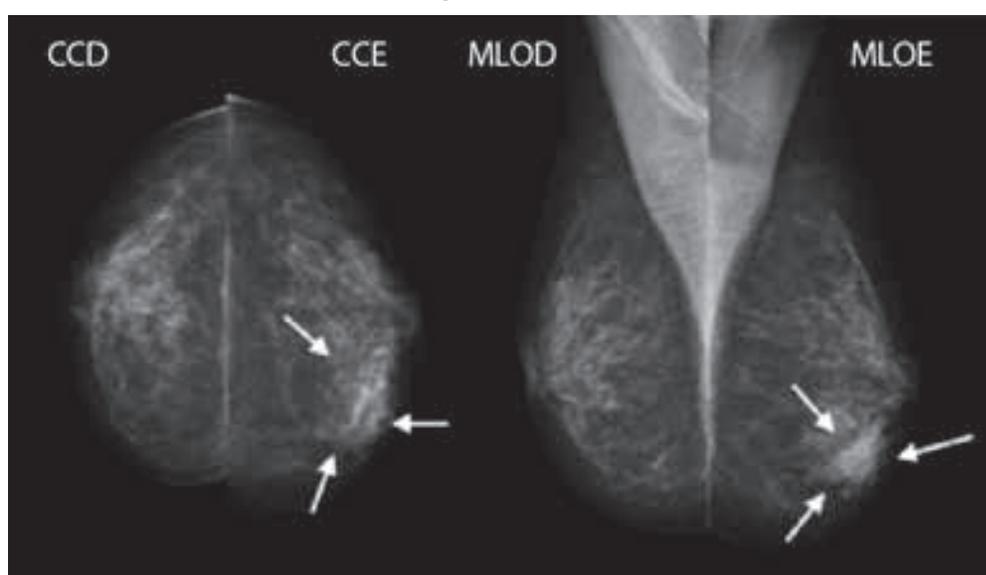
Figura 34
Assimetria global da mama esquerda nas incidências em CC e em MLO



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP / Ribeirão Preto.

- Assimetria focal: é um achado que não possui critérios que o classifiquem como nódulo. Possui forma similar nas duas incidências de rotina, porém sem margens (Figura 35). A assimetria focal pode representar tecido mamário normal em uma área adiposa. Quando não existem achados específicos que possam caracterizá-la como benigna, um estudo com incidência adicional pode ser necessário^{2,3}.

Figura 35
Assimetria focal na mama esquerda, nas incidências em CC e em MLO



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP / Ribeirão Preto.

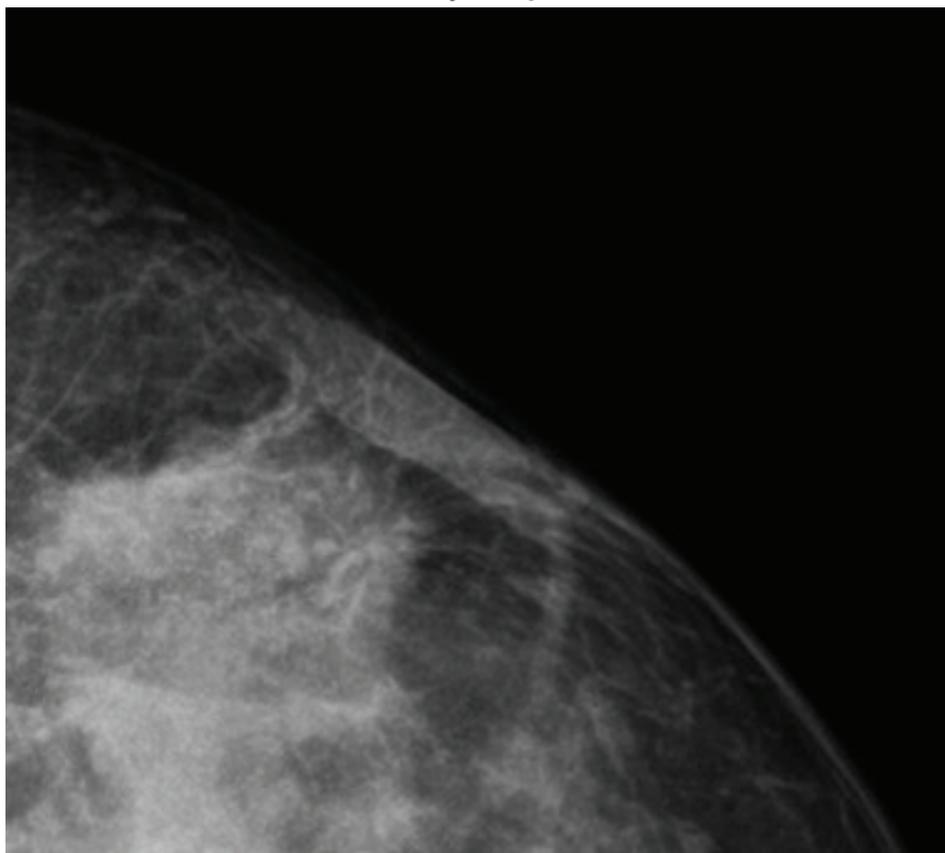


9.5 Achados Associados

Podem ser incluídos nas descrições dos nódulos, das assimetrias ou das calcificações, ou, ainda, descritos independentemente².

- Retração da pele: quando há retração anormal da pele (Figura 36) que pode ocorrer secundariamente a uma alteração subjacente^{2,3}.

Figura 36
Retração da pele



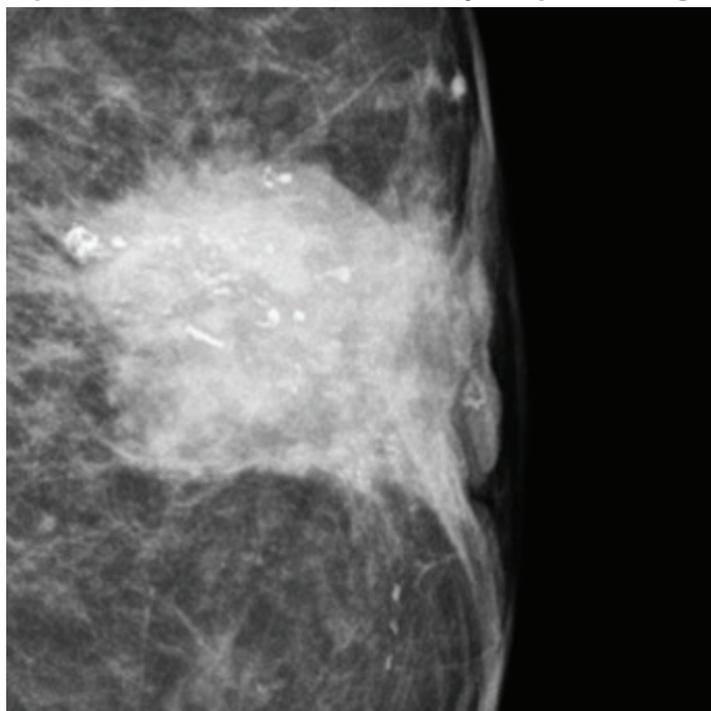
Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto.



- Retração da papila: a papila mamária pode estar invertida ou retraída. Esse achado pode estar associado a processos malignos (Figura 37). É importante determinar o intervalo de tempo em que essa alteração ocorreu^{1,2,3}.

Figura 37

Papila mamária retraída devido à doença neoplásica maligna

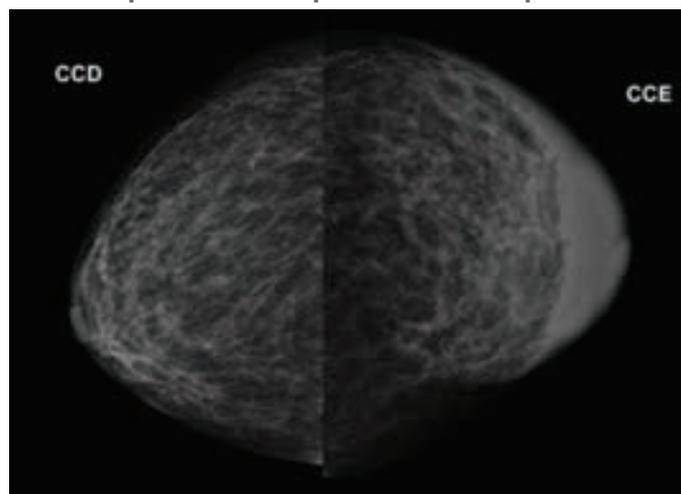


Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto.

- Espessamento da pele: há espessamento da pele quando sua espessura é maior do que 2,0 mm. O espessamento cutâneo pode ser focal ou difuso².

Figura 38

Espessamento da pele em mama esquerda

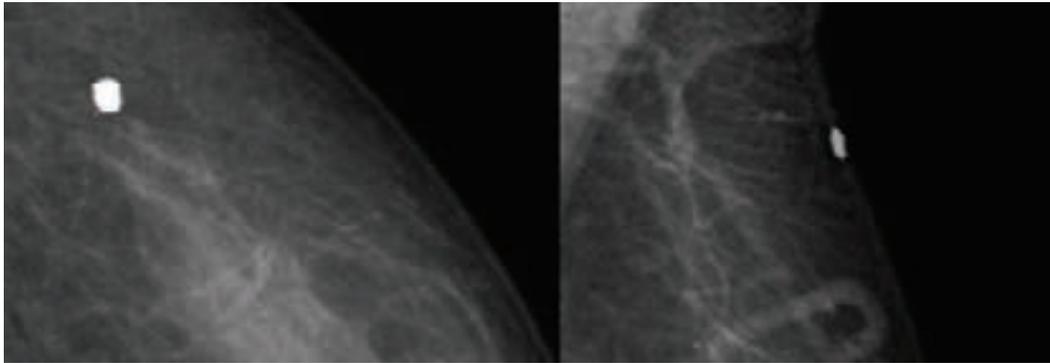


Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto.



- Lesão de pele: deve ser demonstrada pelo técnico com um marcador radiopaco e registrada na ficha da usuária, pois pode ser confundida com uma lesão intramamária .

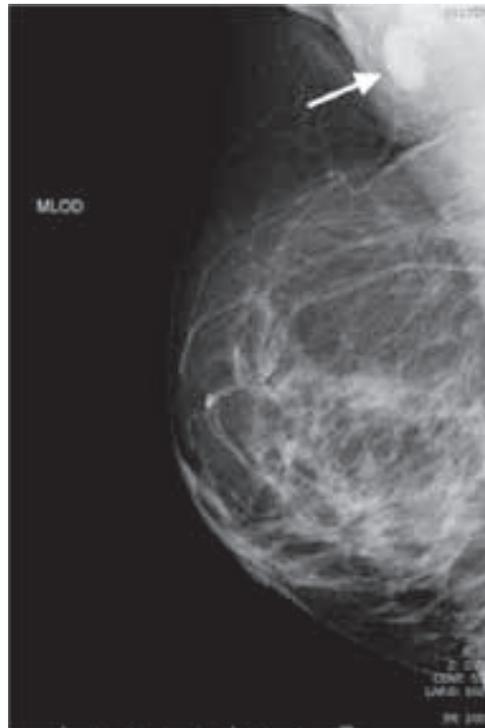
Figura 39
Marcador radiopaco em lesão de pele



Fonte: Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].

- Linfonodomegalia axilar: um achado recente de linfonodos axilares aumentados de tamanho (maiores que 2,0 cm) sem que haja substituição por gordura podem justificar um comentário no relatório ou a solicitação de uma incidência adicional pelo médico radiologista ^{1,2,3}.

Figura 40
Linfonodomegalia axilar com aumento de sua densidade

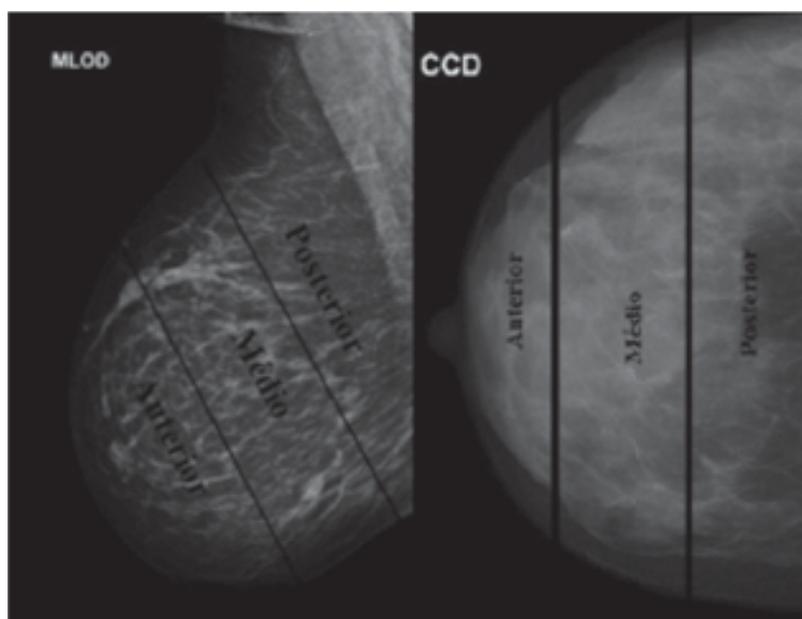


Fonte: : Clínica ImaX Digital, Curitiba, [s/d].



- Para descrever a localização da lesão mamária utilizam-se ²:
 - Os marcadores da face do relógio, no sentido horário, precedidos da palavra direita ou esquerda.
 - Devem-se usar os termos: quadrante superior lateral, quadrante superior medial, quadrante inferior lateral e quadrante inferior medial.
 - Usar os termos subareolar, central (não exigem profundidade) e prolongamento axilar, para descrever o local da lesão. Esses termos não exigem localização conforme a face de relógio.
- Para descrever a profundidade da lesão deve-se:
 - Dividir a mama em três terços: anterior, médio e posterior. Essa divisão tem início na papila mamária e vai em direção à parede torácica.

Figura 41
Localização da profundidade da lesão a partir da papila conforme o posicionamento mamário



Fonte: : Clínica ImaX Digital, Curitiba, modificado pela autora, 2012.

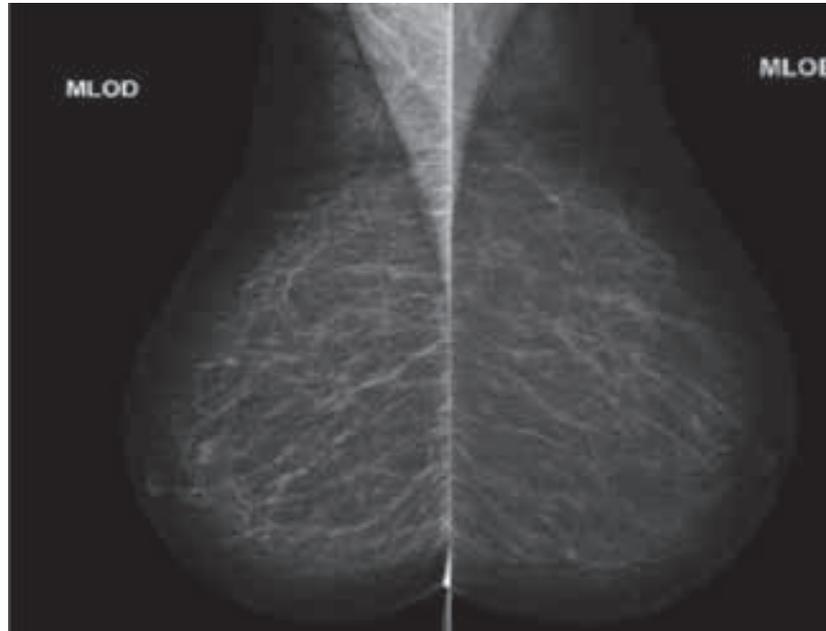
9.6 Composição do Tecido Mamário

Segundo o léxico do BI-RADS[®], a composição da mama deve ser descrita para todas as usuárias, segundo os padrões a seguir:

- Quando as mamas são quase que inteiramente substituídas por tecido adiposo diz-se que as mamas são predominantemente gordurosas. Há uma quantidade de tecido glandular menor do que 25% (Figura 42).



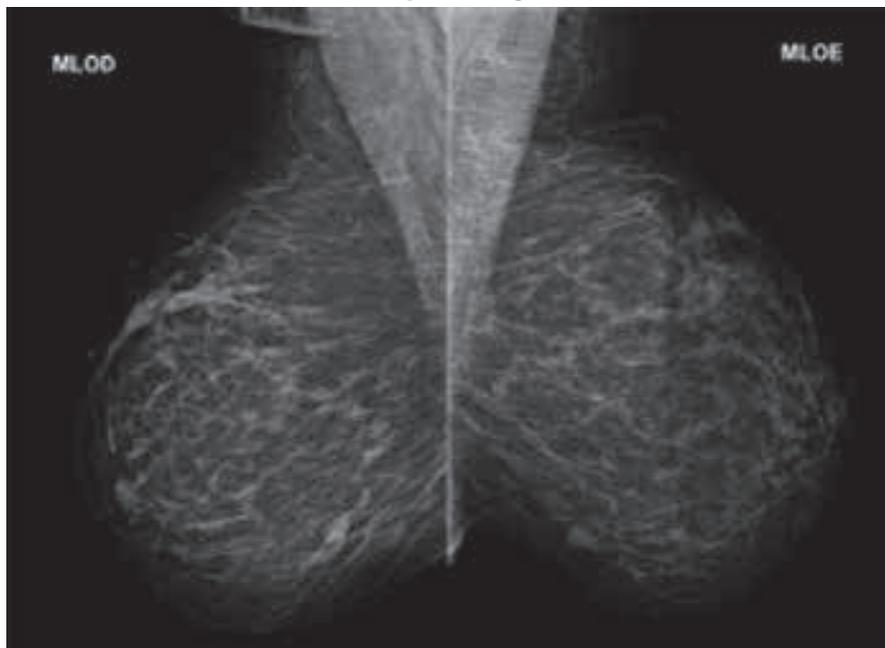
Figura 42
Exame de mamografia na incidência em MLO demonstrando mamas com componente glandular menor do que 25%



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP/Ribeirão Preto.

- Quando o tecido glandular ocupa aproximadamente 25% a 50% da composição total das mamas, descreve-se que há densidades fibroglandulares esparsas (Figura 43).

Figura 43
Exame de mamografia na incidência em MLO demonstrando composição do tecido mamário com componente glandular entre 25% a 50%



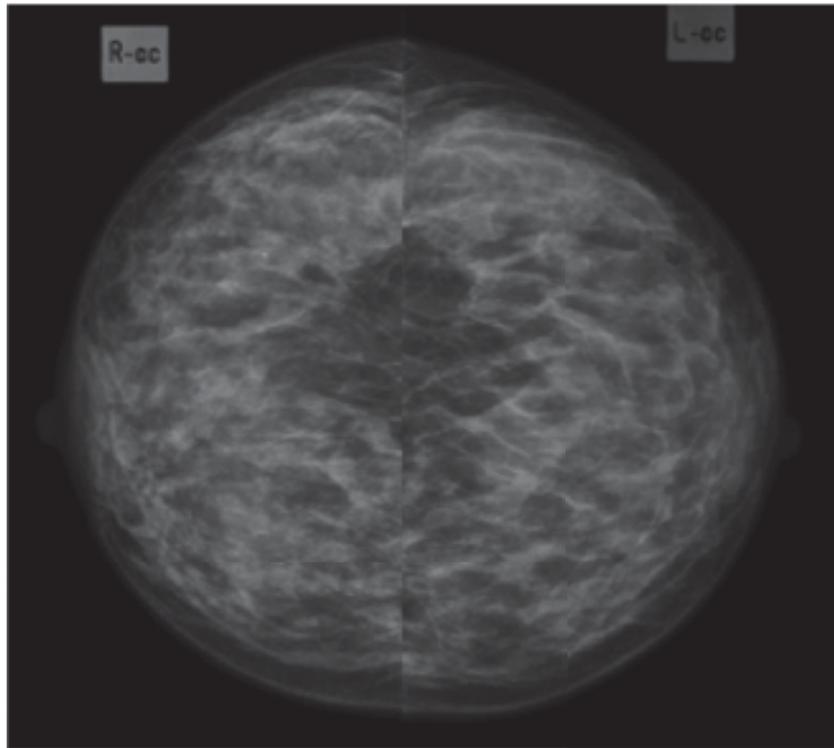
Fonte: Hospital Alemão Oswaldo Cruz, Serviço de Radiologia, [s/d].



- Quando o tecido glandular ocupa entre 50% e 75% da composição total do tecido mamário diz-se que a mama é heterogeneamente densa, o que poderia obscurecer a detecção de pequenos nódulos.

Figura 44

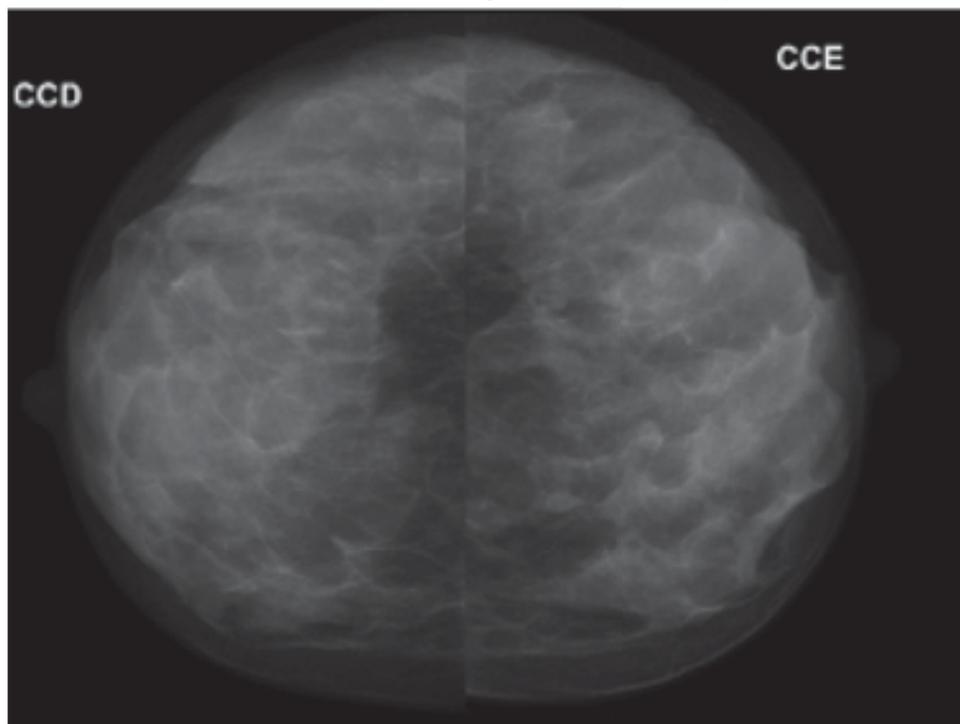
Exame de mamografia na incidência em CC demonstrando composição do tecido mamário com componente glandular entre 51% e 75%



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP / Ribeirão Preto.

- Quando o tecido glandular ocupa mais de 75% da totalidade do tecido mamário diz-se que as mamas são extremamente densas. Esse padrão de composição mamária pode determinar uma menor acuidade diagnóstica do exame de mamografia.

Figura 45
Exame de mamografia na incidência em CC demonstrando composição do tecido mamário com componente glandular maior do que 75%



Fonte: Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da USP / Ribeirão Preto.



Referências

- ¹ HEYWANG- KOBRUNNER, Sylvia H. et al. **Mama – Diagnóstico por Imagem**: correlação entre mamografia, ultrassonografia, ressonância magnética, tomografia computadorizada e procedimentos intervencionistas. Rio de Janeiro: Revinter, Copyright © 1999.
- ² AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY (ACR). ACR BI-RADS® - Mamography. 4. th. In: ACR Breast Imaging Report and Data System, Breast Imaging Atlas. Reston, V. A.: American College of Radiology, 2003.
- ³ KOPANS, Daniel B. **Breast Imaging** 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.



10 Programas de Garantia de Qualidade em Mamografia

Tânia Aparecida Correia Furquim*

Ao instalar-se um serviço de radiologia diagnóstica, deve-se adquirir um equipamento mamográfico que possibilite treinamento adequado aos técnicos que irão manuseá-lo, a fim de obter qualidade de imagem suficiente para um bom diagnóstico e conhecer as doses de radiação que serão dadas às pacientes ali atendidas. Isso tem de ser feito, observando-se o custo-benefício entre qualidade de dose e imagem.

Para que o serviço continue oferecendo diagnóstico de boa qualidade, mantendo a qualidade da imagem, otimizando as doses e com treinamento adequado dos técnicos, deve-se implementar Programas de Garantia da Qualidade (PGQ).

Figura 1
Diagrama esquemático mostrando a base do Programa de Garantia da Qualidade em um serviço de radiologia



Fonte: Autoria própria, 2012.

* Física médica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Doutora em Tecnologia Nuclear – Aplicações (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – SP), mestre em Biofísica (Instituto de Física da USP), especialista em Radiologia Diagnóstica (Associação Brasileira de Física Médica).



No Brasil, em 1998, foi publicada a Portaria SVS/MS nº 453, que tem por objetivo estabelecer parâmetros e regulamentar as ações para o controle das exposições médicas, das exposições ocupacionais e das exposições do público, decorrentes das práticas com raios X diagnósticos. Assim, define as ações necessárias para que se implemente um PGQ em toda sua extensão.

Mas o que é um PGQ em um serviço de radiologia diagnóstica?

Quando se pensa em qualidade, alguns conceitos devem ser definidos¹:

1. **GARANTIA DE QUALIDADE:** ações sistemáticas e planejadas, necessárias para prover confiança adequada, assegurando que o produto ou o serviço satisfaça as exigências de qualidade.
2. **PROGRAMA DE GARANTIA DE QUALIDADE:** instruções detalhadas para se realizar as ações de garantia de qualidade para cada componente do equipamento, sistemas de equipamentos ou instalações, incluindo elementos de gestão da qualidade e técnicas de controle de qualidade.
3. **CONTROLE DE QUALIDADE:** técnicas operacionais e atividades que são utilizadas para atender às exigências de qualidade.
4. **TESTE DE ACEITAÇÃO:** ensaio realizado após a instalação de um novo equipamento ou modificações maiores no equipamento existente, a fim de verificar a concordância com as especificações contratuais de compra.
5. **TESTE DE ESTADO:** ensaio realizado para estabelecer o estado funcional do equipamento em um determinado instante.
6. **TESTE DE CONSTÂNCIA OU TESTE DE QUALIDADE:** cada um de uma série de ensaios realizados:
 - para assegurar que o desempenho funcional do equipamento atenda aos critérios estabelecidos por normas ou documentos reguladores; ou
 - para verificar se ocorreram alterações nas propriedades de componentes do equipamento.
7. **VALOR DA LINHA DE BASE:** valor referencial para os parâmetros funcionais obtidos no teste de qualidade inicial seguido imediatamente de ensaio de estado. Os testes posteriores devem reportar-se a estes valores iniciais para comparação e questionamento de possível alteração de valores.

10.1 Por que fazer Controle de Qualidade?

Ao se fazer uma radiografia, vários parâmetros influenciam consideravelmente a precisão do diagnóstico. Alguns deles podem ser citados:



1. O equipamento de mamografia deve estar calibrado, isto é, quando se seleciona os parâmetros técnicos no painel de controle, deve-se ter a certeza de que a tensão (kVp), corrente (mA), o tempo (ms) e o produto corrente – tempo (mAs) são exatamente aqueles selecionados.
2. A processadora de filmes deve ser dedicada para mamografia e deve estar funcionando bem, com a temperatura certa, troca adequada de produtos químicos, com a limpeza correta dos componentes. Ou, no caso de sistemas digitais, o processamento digital de imagens não deve apresentar problemas.
3. Os filmes radiográficos devem estar guardados corretamente em ambiente com temperatura e umidade controladas, conforme solicitado pelo fabricante do filme, e em posicionamento adequado.
4. Os chassis e os écrans devem estar conservados e limpos.
5. A câmara escura deve estar estruturada de tal forma que não vele o filme e deve estar sempre limpa.
6. Os técnicos devem estar treinados devidamente para que saibam posicionar o paciente, para que protejam o ambiente e a eles próprios da radiação ionizante, e estejam tecnicamente preparados para operar o equipamento de forma a utilizar a melhor técnica para um determinado tipo físico de paciente.

Em um primeiro momento, pode-se pensar que é muito complexo controlar tantas partes diferentes de um departamento de imagens médicas para se obter apenas uma radiografia. Porém, quando uma pequena parte não funciona a contento, surgem várias radiografias sem informação diagnóstica suficiente para esclarecer o médico, portanto, devem ser rejeitadas. Isso significa que os pacientes devem receber novas doses de radiação, assim como a equipe técnica e todo o departamento que trabalha de forma fragmentada. Além disso, alguns custos desnecessários são inseridos no processo:

- Mais filmes e produtos químicos para o processamento serão gastos.
- Mais desgaste desnecessário do equipamento.
- Mais tempo despendido pelo técnico.
- Vários laudos deverão ser refeitos pelos médicos responsáveis.

Uma solução que se encontrou para esse problema foi tornar um departamento fragmentado em um departamento coeso, onde cada parte possa ajudar a outra a obter o melhor resultado, o que leva:

- À melhora na imagem diagnóstica.



- À redução de doses aos pacientes e aos técnicos.
- À redução de gastos e de tempo.
- A maior empenho do técnico.
- A maior conservação do equipamento de raios X.

Criou-se o PROGRAMA DE GARANTIA DA QUALIDADE (PGQ), que consiste em tornar um departamento mais eficiente, repetindo o menor número de radiografias possível com a maior qualidade da mamografia para o diagnóstico. Resumidamente, pode-se concluir que a relação custo-benefício da implementação de um PCQ baseia-se em:

- Custos:
 - Aquisição de instrumentação adequada para medição, incluindo material de consumo.
 - Tempo de interrupção do equipamento, ou da instalação, submetido ao ensaio.
 - Custo do tempo da equipe associada, documentação e avaliação dos resultados do ensaio.
- Benefícios:
 - Manutenção de um desempenho adequado da formação de imagens da instalação.
 - Utilização, de forma mais eficiente, da radiação X administrada ao paciente, controlando a dose recebida por ele.
 - Redução de dose de radiação à equipe ao mínimo.
 - Capacidade para maior fluxo de atendimento de pacientes.
 - Consumo mais baixo de filmes radiográficos, de material químico e de outros materiais envolvidos no processamento da imagem².

10.2 Programas de Garantia da Qualidade

Um Programa de Garantia de Qualidade (PGQ) completo, portanto, para se alcançar os benefícios esperados, deve conter, no mínimo, seis componentes diferentes³, discutidos a seguir.



10.2.1 Monitoração da exposição à radiação ionizante

Todos os departamentos de Radiologia devem possuir um sistema de monitoração da exposição ocupacional acumulativa aos trabalhadores com radiação. Deve-se utilizar dosímetros individuais (Figura 2) cujos registros de dose devem ser feitos mensalmente, divulgados e mantidos no histórico do trabalhador.

Figura 2
Dosímetros individuais utilizados pelos trabalhadores com radiação.
Exemplos de dosímetros de filme e TLD



Fonte: Silva, 2012.

Além disso, deve-se verificar se há proteção adequada contra radiação a pacientes ou acompanhantes, fazendo-se levantamentos radiométricos, controlando-se o bom estado dos EPIs (luvas, aventais plumbíferos etc.). Nada adianta o local possuir vestimentas plumbíferas se não estão em bom estado de conservação, como exemplifica a Figura 3, mostrando o quanto pode não proteger uma vestimenta danificada.

Figura 3
A. Vestimentas plumbíferas que aparentemente estão em bom estado, mas que uma radiografia, B, revela que não protegem como deveriam



Fonte: Autoria própria, 2012.



10.2.2 Análise da taxa de rejeição de radiografias

Um dos grandes indicadores do bom andamento de um departamento de imagem é a análise da taxa de rejeição ou repetição de radiografias. Os filmes ou imagens rejeitados são aqueles que não serviram ao diagnóstico e tiveram de ser repetidos, levando a exposição adicional da paciente, do trabalhador e do ambiente. A análise de repetição de radiografias é um excelente instrumento para se medir e quantificar os resultados de um PGQ, além de ser um verdadeiro “termômetro” do bom funcionamento de um departamento de imagem diagnóstica.

Esta análise consiste em se verificar quantas radiografias são repetidas por um determinado técnico, em um determinado equipamento de raios X (ou sala) e por qual causa. A Figura 4 exemplifica uma maneira de coletar-se as mamografias repetidas, em uma caixa ao lado da processadora.

Figura 4
Caixa que acolhe as radiografias rejeitadas de um departamento de imagem ao lado da processadora de filmes



Fonte: Autoria própria, 2012.

Algumas das causas comuns de repetição de mamografias podem ser apontadas na análise para que se possa tentar resolver os problemas, como as listadas no Quadro 1. O histograma mostrado no Quadro 1 exemplifica um



controle deste tipo em um departamento de imagem durante um período de três meses.

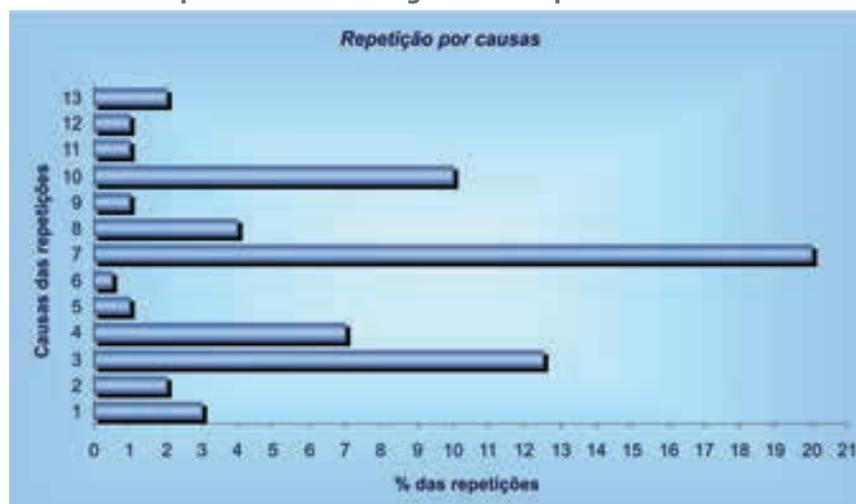
Ao se analisar o histograma, percebe-se que os principais motivos de rejeição são: falhas na processadora (causa 7), movimento da paciente (causa 3), escolha de técnica de exposição errada (causa 10) e mau posicionamento da paciente (causa 4). Deste exemplo, pode-se concluir que se devem verificar as condições da processadora e verificar se os técnicos de Radiologia estão treinados adequadamente tanto na escolha de técnicas de exposição quanto no posicionamento das pacientes. O treinamento periódico dos técnicos reduz muito a repetição das mamografias.

Quadro 1
Causas de repetição de mamografias

Código	Causa
1	Filmes não revelados
2	Filmes revelados sem exposição
3	Movimento da paciente
4	Mau posicionamento
5	Filmes rejeitados sem causa aparente
6	Falha técnica da câmara escura
7	Falha da processadora
8	Falha do equipamento de raios X
9	Testes
10	Técnica errada
11	Filmes totalmente velados
12	Falha na exposição
13	Outros

Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 5
Histograma ilustrando as porcentagens das principais rejeições em um departamento de imagens em um período de três meses



Fonte: Autoria própria, 2012.



A análise de repetição de mamografias deve ser feita pelo menos a cada três meses, de acordo com o American College of Radiology (ACR)⁴, como uma maneira de se quantificar o desempenho do conjunto: equipamento, técnicos e processamento de imagem.

10.2.3 Monitoração do processamento de filmes mamográficos – sensitometria

Todos os equipamentos de mamografia podem funcionar perfeitamente, com profissionais muito bem treinados, mas se o sistema de processamento não estiver em perfeito estado, todo o esforço de se obter uma boa imagem diagnóstica é perdido. A processadora que se utilizará para processar as imagens mamográficas deve ser de uso dedicado. Desta forma, deve-se manter todo o sistema de processamento monitorado diariamente.

A sensitometria é um método no qual se irradia um filme com luz visível do sensitômetro (Figura 6A.) em várias densidades ópticas (D.O.). Esses passos de diferentes valores de D.O. produzidos em forma de fita (Figura 6B.) são lidos com um densitômetro (Figura 6C.). Acompanhando este controle, deve-se medir a temperatura da solução reveladora e garantir que a processadora esteja operando na temperatura especificada pelo fabricante do filme.

Figura 6

Instrumentos utilizados para a realização de sensitometria em processadoras: A. Sensitômetro: elabora as fitas com diferentes densidades ópticas; B. que são lidas com um densitômetro, C.; D. Termômetro de imersão utilizado para controlar a temperatura do revelador dentro da processadora⁵



Fonte: Autoria própria, 2012, adaptado de Borrás.



Após estabelecer uma linha de base durante cinco dias consecutivos, os passos da fita sensitométrica podem controlar os seguintes parâmetros do tipo de filme utilizado no departamento⁴:

- **Base + véu (B+F)** do filme: determinado pela D.O. do primeiro passo ou qualquer área clara ou não exposta.
- **Densidade média (DM)**: o passo que está mais próximo à D.O. de 1,20 determina o também chamado ponto de densidade, índice de velocidade ou passo de velocidade.
- **Diferença de densidade (DD)**: determinada pela diferença entre os valores dos valores de D.O. dos passos de densidades mais alta e mais baixa, isto é, os passos mais próximos a 2,20 e o mais próximo e não menor a 0,45 respectivamente.

Os valores destes parâmetros combinados com o controle diário da temperatura representam uma monitoração do sistema de processamento. Se houver variação nos valores controlados é necessário verificar a fonte dos desvios, como variação da temperatura, soluções químicas (fixador e revelador), troca dos reagentes químicos etc. Algumas variações são esperadas, quando comparadas à linha de base estabelecida no início:

- Temperatura do revelador: deve variar no máximo em $\pm 10^\circ \text{C}$.
- Densidade de base + véu: deve variar no máximo até + 0,03.
- Densidade média: deve variar no máximo $\pm 0,15$.
- Diferença de densidade: deve variar no máximo $\pm 0,15$.

Deve-se recomendar a todo departamento que se utilize da técnica de sensitometria, como uma forma de evitar a perda desnecessária de filmes devido a problemas na processadora, evitando-se, assim, as doses a mais que são indesejáveis para as pacientes.

10.2.4 Análise Ambiental

Além do processamento adequado em processadora dedicada à mamografia, outros fatores muito simples podem afetar a qualidade da imagem diagnóstica. Alguns destes fatores são discutidos a seguir.

A. Contato écran-filme

Contato muito próximo entre o écran e a emulsão do filme é essencial para que não haja perda de detalhes. O contato fraco permite que a luz fluorescente se espalhe e cause borramento na imagem. Por este motivo deve-se verificar a qualidade do chassi, constatando se há um fechamento adequado, não permitindo a existência de um gap de ar (Figura 7) entre o écran e a superfície do filme. Para garantir que os chassis (limpos de forma adequada



semanalmente) estão com um contato adequado, obtém-se a imagem de uma rede, com uma trama bem pequena, para que se possa detectar a região onde o contato é pobre. Este teste deve ser realizado semestralmente tanto por recomendações do ACR quanto da Portaria SVS/MS nº453/1998.

Figura 7

A. Diagrama ilustrando o efeito do contato fraco entre écran e filme. A luz refrata ao passar pelo écran e pela bolha de ar, propagando uma penumbra; B. Imagem do dispositivo de imagem que acusa os locais onde ocorrem os problemas de contato écran-filme



Fonte: Autorial própria, 2012; Capeleti, 2012.

B. Armazenamento correto de filmes

Os filmes devem ser armazenados empacotados, livres de luz visível, pois são sensíveis a ela. O ambiente de armazenamento deve obedecer a alguns requisitos que não interfiram na qualidade da imagem posteriormente (Figura 8)³:

- Controle de umidade relativa do ar: entre 40% – 60 %.
- Controle de temperatura: entre 10 – 21°C ou conforme instruções do fabricante. Altas temperaturas causam danos na emulsão levando a perda de contraste e à produção de véu no filme.
- Longe da radiação X.
- Nunca deve estar sujeito à pressão: altas pressões podem causar danos na emulsão do filme.
- Distantes de substâncias químicas: amônia, gases, óleos voláteis, entre outros.
- Devem ser utilizados dentro do prazo de validade estipulado pelo fabricante.
- Uma vez que a caixa de filme for aberta, deve-se utilizá-la o mais rápido possível, para que não se condense umidade.
- Evitar favorecimento de aparecimento de eletricidade estática: quando duas superfícies não condutoras são pressionadas, uma contra a outra, e depois separadas, é bem comum aparecerem cargas elétricas estáticas. Isto ocorre quando a umidade relativa do ar



e a temperatura estiverem baixas. Uma descarga elétrica estática emite luz visível capaz de expor o filme e resultar em artefatos de vários tipos e formas, resultando em pontos escuros na imagem. São mais prováveis de ocorrer em períodos frios e secos, e, portanto deve-se evitar fricção na superfície do filme ao manuseá-lo.

C. Revelador e fixador

A transformação de uma imagem latente no filme em imagem mamográfica ocorre devido à ação de soluções químicas reveladoras alcalinas e fixadoras, que protegem e preservam a imagem. A função e os cuidados a serem tomados com tais soluções estão descritos no Quadro 2. A Figura 7B. mostra um exemplo de reabastecimento e descarte de soluções químicas utilizadas em processadoras automáticas.

Quadro 2
Principais características das soluções químicas reveladoras e fixadoras e cuidados para manutenção da qualidade da imagem⁶

		Revelador	Fixador
Função		Converte os cristais de brometo de prata expostos em prata metálica.	Remove do filme do restante de brometo de prata que não foi utilizado para a produção da imagem e endurece a gelatina da emulsão.
Influência da temperatura	alta	Enegrece o filme.	Aumenta a velocidade de fixação.
	baixa	Fornecer imagens claras.	Redução da velocidade de fixação.
Influência do tempo	longo	Aumenta a densidade e o contraste da imagem.	Fatores que afetam o tempo de fixação: tipo de fixador empregado, temperatura da solução, tamanho da superfície a ser fixada, espessura da emulsão. O tempo deve ser adequado para clareamento e endurecimento do filme.
	curto	Diminui a densidade e o contraste.	
Influência da concentração	hiper	Ataca também cristais não expostos na emulsão do filme, reduzindo o contraste.	O filme torna-se quebradiço.
	sub	Ocorrência devido à contaminação com fixador ou diluição errada com água. A imagem também perde o contraste, pois pode ficar muito clara.	O filme torna-se pegajoso ou molhado, danificando a emulsão quando manuseado.
Controle de qualidade		Encontra a temperatura e o tempo adequados ao tipo de filme para obtenção do maior detalhamento e contraste possíveis; Mantém a concentração ideal para o filme, a temperatura e o tempo utilizados.	Por neutralizar a ação do revelador, é importante evitar qualquer contaminação do fixador no revelador; Encontra a temperatura e tempo de maior eficiência de fixação; Mantém a concentração adequada.

Fonte: Autoria própria, adaptado de Curry, Dowdey e Murry, 1984.

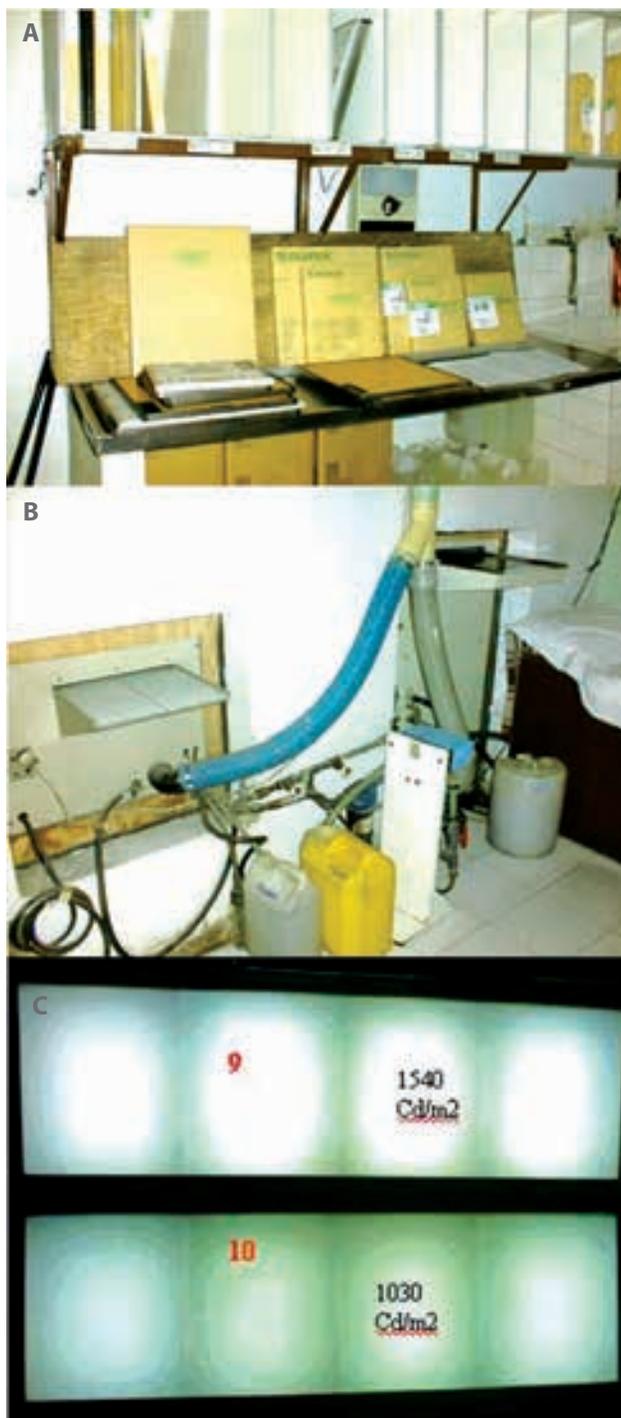
O filme é lavado com água para se retirar o fixador. A taxa do fluxo de água deve ser mantida dentro das especificações do fabricante da processadora. Se a taxa de reposição do fixador estiver fora de especificação, a água pode não ser suficiente para lavar adequadamente o filme. É aconselhável que se



faça um teste para verificar a quantidade de fixador residual que permanece no filme processado a cada quatro meses, conforme recomendado pelo ACR⁴.

Figura 8

A. Controle da qualidade dos produtos químicos para processamento; B. Cuidados com o armazenamento dos filmes; C. Controle da iluminância dos negatoscópios, que para mamografia deve ser de pelo menos 3.000cd/m²; são imprescindíveis para a boa avaliação da imagem mamográfica⁵



Fonte: Borrás, 2004.



D. Câmara escura

O local onde os filmes são manuseados deve possuir condições adequadas tais que não permitam véu ou artefatos no filme. Deve-se avaliar a câmara escura a cada seis meses e verificar se:

- Há entrada de luz que possa comprometer o tempo de manipulação segura dos filmes.
- Não há poeira nas bancadas.
- Possui sistema de exaustão de gases provenientes das soluções químicas.
- As soluções químicas estão no prazo de validade e livre de sedimentações.
- A área da câmara escura é superior a 5m².
- A lâmpada de segurança está no mínimo a 1,20m acima da bancada de trabalho.
- Possui potência de 15W.

O teste de vedação da câmara escura deve ser realizado anualmente pela Portaria SVS/MS nº 453/1998 e semestralmente pelo ACR. A International Electrotechnical Commission (IEC) possui uma norma específica para controle e testes de rotina na câmara escura⁷.

E. Negatoscópio com iluminância adequada

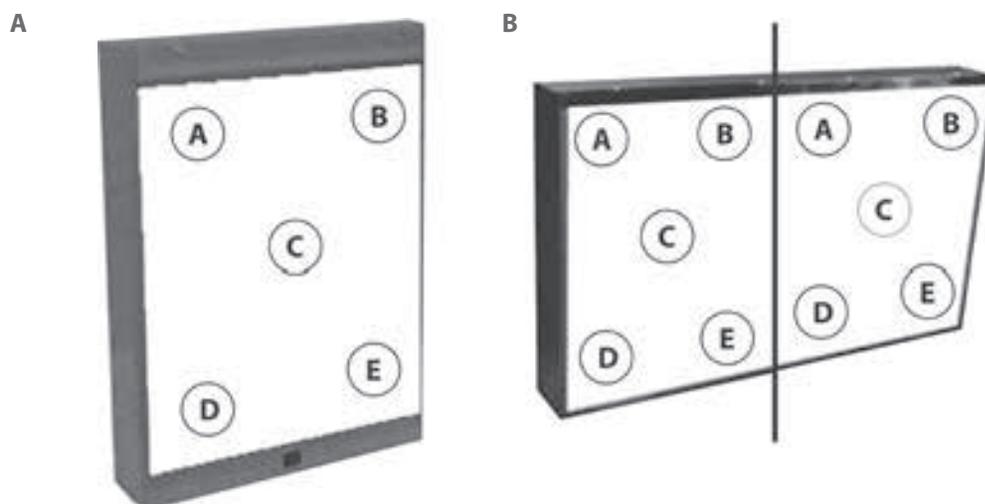
As mamografias só podem oferecer bons diagnósticos quando se pode visualizar densidades translúcidas de tons e detalhes variados, utilizando-se um negatoscópio com iluminância alta.

Com um fotômetro, pode-se medir a iluminância oferecida pelo negatoscópio utilizado para mamografia (Figura 9) e a ambiental, medida na sala. O ACR⁴ e a Portaria SVS/MS nº 453/1998⁸ recomendam que os negatoscópios possuam de 3.000 a 3.500cd/m². Para a iluminação da sala, o ACR recomenda 50 lux ou menor.

Este teste deve ser realizado pelo menos anualmente segundo ACR e semestralmente segundo a Portaria SVS/MS nº 453/1998.



Figura 9
Pontos de medição de luminância em negatoscópios simples (A) e múltiplos (B)



Fonte: Autoria própria, 2012.

10.2.5 Educação permanente

Se todas as etapas para obtenção da imagem mamográfica estiverem funcionando de forma perfeita, mas o técnico de Radiologia ou o médico não foram treinados adequadamente, com certeza não se chegará a um bom diagnóstico. Desta forma, é imprescindível que se forneça treinamento constante aos profissionais do departamento Radiológico.

Um radiologista envolvido em mamografia deve ter uma compreensão sólida da tecnologia e técnicas envolvidas, além de solicitar a correta implementação de um PGQ. Como é de sua responsabilidade a construção da cadeia da formação da imagem diagnóstica e a supervisão de toda a atividade envolvida, o radiologista deve sempre solicitar a alta qualidade da imagem. Promover a motivação de uma equipe para solucionar problemas de rotina nem sempre é uma tarefa simples, porém, com a demonstração da importância de cada etapa da formação da imagem, é necessário estimular o maior envolvimento possível da equipe de médicos, físicos, técnicos radiologistas e técnico responsável pela câmara escura.

10.2.6 Monitoração da unidade mamográfica

No Brasil, a obrigatoriedade da monitoração da unidade mamográfica surgiu com a publicação, em 1998, da Portaria do Ministério da Saúde nº 453⁸, que fornece as diretrizes para implementação de PGQs em departamentos de imagem médica no território nacional. Porém, poucos parâmetros são citados na Portaria, assim, para completar a vistoria de um mamógrafo pode-se seguir também a publicação do ACR⁴, que é completo em termos de PGQ em mamografia. Na unidade mamográfica deve-se monitorar todos os parâmetros



técnicos importantes para a formação de uma boa imagem radiográfica mantendo-se uma periodicidade de medição destes parâmetros; os testes devem ser repetidos toda vez que o equipamento passar por manutenção corretiva.

Estes testes de controle de qualidade (TQ) dependem do tipo de equipamento em que são implementados e devem ter uma periodicidade mínima de realização, como mostra o Quadro 3, seguindo os valores de linha de base.

Cada um dos parâmetros testados tem um papel diferente no processo de formação da imagem; assim, a seguir é discutida a importância de se realizar cada um destes testes⁹.



Quadro 3
Testes de controle de qualidade em equipamentos mamográficos convencionais com as respectivas periodicidades mínimas e limites ou referências, de acordo com a Portaria SVS/MS nº 453/1998 ou ACR/99

Teste de controle de qualidade	Periodicidade mínima	Portaria MS 453/98 Limite ou nível de referência	Periodicidade mínima	ACR/99 Limite ou nível de referência
Exatidão e reprodutibilidade do indicador de tensão do tubo	Anual	Exatidão: ± 2 kVp Reprodutibilidade: $\pm 10\%$	Anual	Exatidão: $\pm 1,5$ kVp Coeficiente de variação: 0,02
Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição*	Anual	$\pm 10\%$	--	--
Determinação da camada semi-redutora	Anual	$\frac{M/P}{100} \leq CSR \leq \frac{M/P}{100} + 0,1$	Anual	$\frac{kVp}{100} + 0,0 \leq CSR \leq \frac{kVp}{100} + C$
Reprodutibilidade da taxa de kerma no ar*	Anual	10%	--	--
Linearidade da taxa de kerma no ar*	Anual	20%	--	--
Sistema de compressão da mama	Sem período	11 a 18 kg	Anual	11 a 20 kg
Dose na superfície da mama	Bianual	CC com grade: 10 mGy CC sem grade: 4 mGy	--	--
Dose glandular média	--	--	Anual	3,0 mGy por exposição em 28 kVp e Mo/Mo: $> 7,0$ mGy/s
Rendimento	--	Não é específico para mamografia	Anual	5%
Reprodutibilidade do AEC	Anual	10%	Anual	Pelo menos: 0,75 mm de fibras; 0,32 mm de microcalcificação; 0,75 mm de massa
Qualidade da imagem	Mensal	Pelo menos: 0,75 mm de fibras; 0,32 mm de microcalcificação; 0,75 mm de massa	Semanal	Soma dos lados opostos: 2% DFI
Coincidência entre os campos de luz e de radiação-X: (18 x 24) cm ² e (24 x 30) cm ²	Semestral	2% da DFI	Anual	$< 2\%$ da DFI
Extensão do campo de radiação: 18 x 24) cm ² e (24 x 30) cm ²	--	--	Anual	$< 1\%$ da DFI
Alinhamento da bandeja de compressão - (18 x 24) cm ² e (24 x 30) cm ²	--	--	Anual	perpendicular ao eixo A-C*: 11 pl/mm; paralelo ao eixo A-C: 13 pl/mm
Avaliação da resolução do sistema	--	--	Anual	Verificar tabela ACR.
Verificação do tamanho do ponto focal	Anual	Linha de base	Caso o teste de resolução de resolução de não-conforme	Verificar tabela ACR.
Compensação do AEC	--	--	Anual	Variação da espessura: $\pm 0,15$ da Densidade óptica. Variação do kVp: $\pm 0,20$ da Densidade óptica.
Controle automático de densidades	--	--	Anual	mAs: $12\% < x < 15\%$ D.O.: 0,15

Fonte: Autoria própria, 2012.

*E genérico para todo tipo de equipamento radiológico, muitas vezes não se aplica à mamografia.

**Eixo A-C: eixo anodo-catodo.

A. Calibração da tensão (kVp)

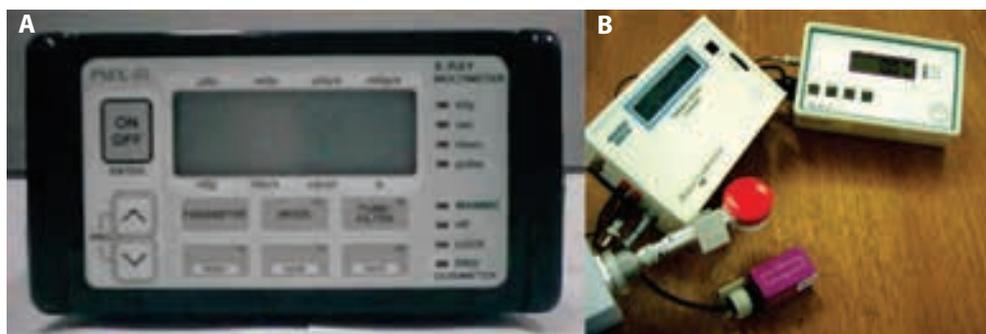
A tensão (conhecida por kVp) é um parâmetro relacionado ao controle elétrico primário do contraste da imagem³. Quanto maior a kVp, menores os níveis de contraste na imagem por três razões principais:

- A escala de cinza é aumentada por meio do aumento de penetração no tecido;
- São perdidas interações fotoelétricas;
- A radiação espalhada produzida é mais energética e emitida em uma direção mais frontal, causando aumento de véu na imagem.

Desta forma, é importante testar este parâmetro e verificar se o valor da tensão indicada pelo comando coincide com o valor indicado no medidor de kVp calibrado (Figura 10) e se a tensão do gerador de raios X é reprodutível. De acordo com a Portaria SVS/MS nº 453/1998 deve haver uma diferença máxima de até ± 2 kVp entre as tensões e uma reprodutibilidade de ± 10 %. O ACR⁹ é mais restritivo e recomenda uma acurácia de 1,5 kVp com um coeficiente de variação de 0,02.

Figura 10

Exemplos de medidores não invasivos de kVp e de tempo de exposição: A. RTI modelo PMX III – Mam/RX, que fornece os valores de dose acumulada ou taxa de dose em várias unidades; B. Radcal com monitor 9010 e acessório Accu kV, que mede tensão de aceleração e tempo de exposição



Fonte: Autoria própria, 2012.

B. Calibração do tempo de exposição

O tempo em que o feixe está atuando é mostrado no comando de alguns equipamentos de mamografia. Quando isto ocorre deve-se verificar sua precisão da mesma maneira como ocorre com a kVp, pois quanto maior o tempo de exposição maior será a probabilidade de movimento da paciente e de repetição da imagem e, conseqüentemente, maior será a dose absorvida. Além disso, quanto mais tempo de radiação, maior será o enegrecimento do filme, o que leva à perda de detalhes. De acordo com a Portaria SVS/MS nº 453/1998⁸ deve haver uma variação máxima de até ± 10 % na exatidão e de ± 10 % na



reprodutibilidade. Os instrumentos para medição podem ter a única função de medir tempo ou, como os mostrados na Figura 10, que medem kVp, tempo e dose absorvida.

C. Qualidade do feixe: camada semirredutora

A mais importante qualidade do feixe de raios X é sua capacidade de penetrar em um material. A filtração é utilizada para remover raios X de baixa energia do feixe que não contribuem para a formação da imagem diagnóstica. São necessários níveis ótimos de kVp para adequar a penetração do feixe por meio das estruturas anatômicas. A penetração pode ser alcançada de duas formas distintas:

- Pelo aumento das energias mínimas presentes no feixe por meio da utilização de filtração.
- Pelo aumento das energias máximas presentes no feixe por meio da utilização de kVps mais altos.

Qualquer um desses métodos aumenta a energia média do feixe, aumentando sua penetração no meio. Uma vez que não se deseja a variação do kVp selecionado no painel de controle, qualquer medida inadequada na penetração do feixe geralmente reflete uma filtração inadequada posicionada no colimador. Uma maneira de se quantificar a penetração do feixe produzido é medindo-se a camada semirredutora (CSR), que é definida como³:

Espessura de um material absorvedor com atenuação conhecida necessária para reduzir a intensidade do feixe à metade da intensidade sem a presença do material no feixe.

Este teste pode ser realizado utilizando-se uma câmara de ionização calibrada para a faixa de energia em questão para obtenção de imagens mamográficas e filtros de alumínio com 99,9% (liga 1.145) ou 99,0% (liga 1.110) de pureza, como mostrado na Figura 11.



Figura 11

A. Filtros de alumínio de alta pureza (1.100 ou 1.145) utilizados para se medir as camadas semirredutoras de equipamentos de mamografia²; B. Câmara de ionização 6M, dedicada à mamografia, e monitor Radcal.



Fonte: Autoria própria, 2012.

De acordo com ACR⁴, em um dado kVp, a CSR deve ser medida com o dispositivo de compressão e os limites são calculados como:

$$\frac{kVp}{100} + 0,03 \leq CSR \leq \frac{kVp}{100} + C$$

onde C depende da combinação alvo-filtro que está sendo utilizada:

- 0,12mm Al para Mo/Mo;
- 0,19mm Al para Mo/Rh;
- 0,22mm Al para Rh/Rh;
- 0,30mm Al para W/Rh.

Os limites inferiores devem ser mantidos para garantir que a paciente não receba dose desnecessária e, o superior, para que não se perca o contraste das imagens.

A Portaria SVS/MS n° 453/1998 não considera as constantes 0,03mm Al e C em seus limites, substituindo-os por zero e 0,1mm Al respectivamente, e este teste deve ser realizado anualmente.

D. Controle automático de exposição

O controle automático de exposição (CAE) foi desenvolvido para se obter uma densidade mais consistente do filme sem necessidade de se repetir imagens, selecionando-se as técnicas de exposição mais adequadas ao tipo anatômico da mama.



Desta forma, é possível verificar se o sistema está funcionando adequadamente, com os objetivos:

- Verificar o desempenho do sistema AEC.
- Manter a densidade óptica no filme consistente conforme se varia a espessura da mama e modos de obtenção de imagem.
- Alterar a densidade óptica (D.O.) utilizando o seletor de controle de densidades.
- Verificar se estas três funções anteriores são reprodutíveis.

Utiliza-se para o teste um material equivalente a uma mama de 4,2cm e com composição de 50% de tecido glandular e 50% de tecido adiposo, uma câmara de ionização calibrada para as energias utilizadas em mamografia e um densitômetro.

Variando-se a espessura do material equivalente (de 2 a 8cm), obtém-se a imagem e anota-se o valor selecionado para o produto corrente-tempo de exposição (mAs), e kVp quando for o caso, conforme mostra a Figura 12. A recomendação do ACR⁴ é que a variação da D.O. com a espessura do material equivalente deve estar dentro dos limites de aceitação de $\pm 0,15$.

Figura 12
Variação da espessura de material equivalente para a verificação do controle automático de exposição



Fonte: Autoria própria, 2012.

Fixando-se a espessura do material, varia-se o kVp e obtém-se a imagem para cada caso, anotando-se quanto variou o mAs. De acordo com o ACR⁴, a variação da D.O. com a tensão deve estar no intervalo de $\pm 0,20$.

Mantendo-se a espessura do material, as densidades de -5 a $+5$ devem ser variadas para a obtenção da imagem e deve-se analisar se cada passo resultou em uma alteração de:

- mAs entre 12% e 15%; ou
- D.O. de aproximadamente 0,15.



De acordo com o ACR⁴, para uma mesma espessura de material equivalente, o CAE deve ser reprodutível em 5%. A Portaria SVS/MS n° 453/19988 só prevê a reprodutibilidade do CAE em 10%, em testes anuais.

Em um equipamento de mamografia devidamente calibrado, as D.Os de todos os filmes de avaliação do desempenho do CAE deveriam ser, no mínimo, 1,20.

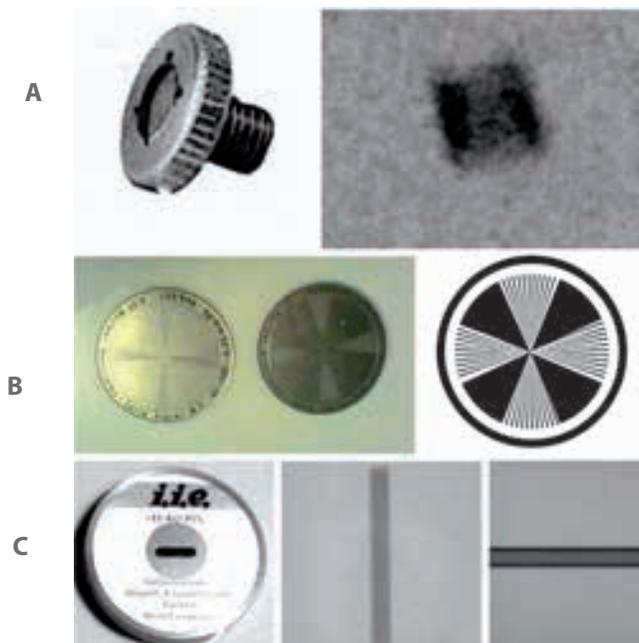
E. Verificação do tamanho do ponto focal e resolução do sistema

Apenas uma parte do anodo está envolvida na produção dos raios X, o ponto focal. O tamanho do ponto focal será um dos fatores limitantes do poder de resolução (ou seja, da capacidade do sistema em identificar estruturas pequenas) do equipamento¹⁰. As dimensões variam entre 0,1mm e 0,3mm e os tubos são construídos para terem os menores tamanhos possíveis, pois sendo pequenos produzem imagens mais detalhadas, porém devem ser grandes o suficiente para dissiparem melhor o calor.

O tamanho e a forma do ponto focal dependem, basicamente, do tamanho do filamento do catodo e das características de construção do dispositivo de focalização do tubo. Alguns tubos de raios X possuem dois filamentos, um grande e outro pequeno, permitindo a produção de imagens com maior ou menor poder de resolução, dependendo das necessidades do diagnóstico. A Figura 13 apresenta imagens de ponto focal obtidas utilizando-se vários tipos de padrões.



Figura 13
Padrão da Cardinal Health e respectiva imagem do ponto focal: A. micro-orifício; B. mira estelar; C. fenda, imagens paralela e perpendicular ao eixo anodo catodo¹⁰



Fonte: Nersissian, 2004.

Medir o tamanho do ponto focal é importante para garantir que o equipamento utilizado seja capaz de resolver estruturas tão pequenas quanto microcalcificações. Os instrumentos utilizados para estas medidas podem ser variados: padrões a micro-orifício (pin hole), estrela ou fenda.

A medição do ponto focal depende de aparato escolhido, pois cada padrão requer um posicionamento e condições de testes apropriados. A Figura 14 mostra um dispositivo próprio para tais medições.

Figura 14
Exemplo de dispositivo (Fluke) utilizado para medição do tamanho de ponto focal



Fonte: Autoria própria, 2012.



Os resultados são analisados conforme o tipo de imagem obtida. Porém, espera-se que o tamanho de ponto focal declarado pelo fabricante do tubo de raios X seja mantido. Conforme o ACR⁴ e a Portaria SVS/MS nº 453/1998⁸ este teste deve ser realizado anualmente.

Outra maneira de se avaliar os efeitos do ponto focal é realizar um teste que quantifica a resolução de todo o sistema ou de todo o departamento, pois dependem tanto dos efeitos do borrimento devido aos fatores geométricos (ponto focal), à combinação écran-filme, ao processamento, à visualização em negatoscópio e ao profissional que avalia. Para isso, pode-se utilizar um padrão, como o da Erro! Fonte de referência não encontrada. Figura 15, que quantifica a resolução em termos de pares de linha por milímetro (pl/mm), que são visíveis em um filme.

Figura 15

Dispositivo (Fluke) utilizado para quantificar a resolução do sistema. A. Composto por um material equivalente a uma mama mista (50% de tecido glandular e 50% de tecido adiposo), com 4,5cm de altura e um padrão com até 20 pares de linha por mm (pl/mm); B. Imagem do padrão de barras com até 20pl/mm



Fonte: Autoria própria, 2012.

Esse teste não é exigido pela Portaria SVS/MS nº 453/1998⁸, mas sim pelo ACR⁴, que recomenda sua realização anual em cada sistema usado para mamografia, em combinação com o écran-filme utilizado, devendo proporcionar uma resolução mínima de:

- 11pl/mm: quando o padrão de barras é orientado com as barras perpendiculares ao eixo anodo-catodo; e
- 13pl/mm: quando o padrão de barras está paralelo ao eixo anodo-catodo.

F. Qualidade da imagem

A imagem de um objeto simulador de mama é obtida para se avaliar múltiplos parâmetros dentro da cadeia de formação da imagem mamográfica. Os fatores relevantes que podem afetar os resultados das imagens do controle de qualidade incluem¹¹:

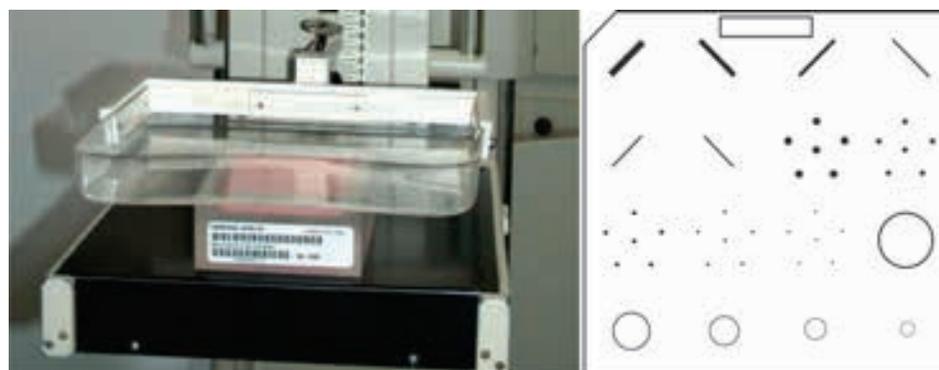


- Desempenho do AEC.
- Calibração do equipamento de mamografia.
- Desempenho da processadora.
- Características do filme.

O teste semanal, segundo ACR, está entre os mais importantes e requer correção de alguma irregularidade imediata. Conforme mostra a Figura 16, os objetos simuladores de mama utilizados possuem estruturas a serem visualizadas: fibras, microcalcificações e massas, além de se poder controlar a D.O. no fundo da imagem dos objetos simuladores de mama. O ACR⁴ estabelece um critério mínimo de qualidade que inclui a visibilidade de, pelo menos:

- Fibras: 0,75mm (no mínimo quatro).
- Massas: 0,75mm (no mínimo três).
- Microcalcificações: 0,32mm (no mínimo três grupos);
- A D.O. do fundo da imagem no objeto simulador deve ser de $(1,20 \pm 0,20)$

Figura 16
Objeto simulador de mama que pode ser utilizado para verificar a qualidade da imagem mamográfica em um equipamento mamográfico: A. o recomendado pelo ACR (Fluke, EUA), e B. o mapa de suas estruturas internas



Fonte: Autoria própria, 2012.

Caso se coloque um disco de acrílico de 4,0mm de espessura entre as fibras, pode-se controlar a diferença de densidades entre sua imagem e o fundo, que deve ser, no mínimo, de 0,40. Possíveis causas para se alterar os valores desta D.O. são: processadora, emulsão do filme ou gerador de raios X. Se for confirmado o problema com a emulsão do filme, pode-se, por exemplo, utilizar o controle de densidades para ajustar a qualidade da imagem.



A Portaria SVS/MS nº 453/1998⁸ prevê os mesmos critérios para visualização de fibras, massas e microcalcificações, porém com periodicidade mensal.

G. Dose na mama

G1. Dose na entrada da pele (DEP)

O objetivo da implementação de um PGQ é produzir a melhor imagem diagnóstica possível com a menor dose ao paciente. Porém, que dose deve ser avaliada? Uma das grandezas que pode ser medida para se verificar a segunda parte desta afirmação é a dose na entrada da pele (DEP) da paciente que pode ser definida como¹²:

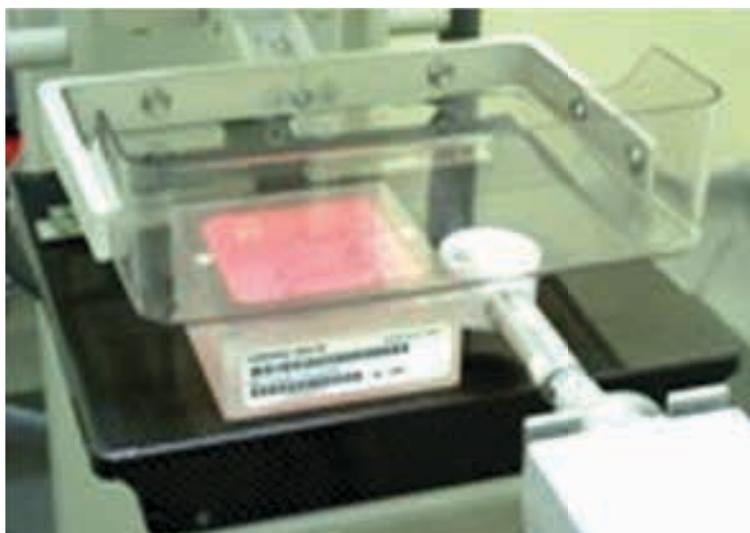
- A** Dose absorvida na entrada da pele do paciente no local onde há irradiação inclui a radiação retroespalhada pelo paciente e pode ser medida diretamente. Sua unidade é o gray (Gy).

É uma grandeza fácil de determinar a partir de medidas de exposição no ar ou com dosímetros TLD colocados diretamente nos pacientes. Essas medidas resultam em uma superestimativa dos riscos absolutos e não são representativos dos riscos relativos em diferentes qualidades de feixe. Além disso, se duas ou mais projeções da mama forem obtidas, a DEP nas duas superfícies não podem ser simplesmente somadas para obter uma estimativa do risco total¹³. Porém, por ser uma grandeza fácil de obter, pode ser medida como um fator de controle.

Para medir a DEP, pode-se utilizar uma câmara de ionização calibrada na faixa de energia para mamografia. Inicialmente, posiciona-se o objeto simulador da mama (objeto simulador) utilizado para se avaliar a qualidade de imagem e o irradia com o controle automático de exposição acionado para se obterem as técnicas de exposição (tensão, tempo de exposição, corrente, alvo-filtro) apropriadas para uma mama média comprimida. Seleciona-se manualmente os mesmos parâmetros e substitui-se o objeto simulador pela câmara de ionização na mesma altura (Figura 17). Os valores obtidos devem ser corrigidos pelos fatores de retroespalhamento e para as condições normais de temperatura e pressão.



Figura 17
Arranjo para medição de dose na entrada da pele da mama



Fonte: Autoria própria, 2012.

De acordo com a Portaria SVS/MS nº 453/1998⁸, este teste deve ter periodicidade anual. Os níveis de referência para uma mama comprimida de 4,5cm, para sistema écran-filme, uma unidade com anodo e filtração de moliibdênio, e posição crânio caudal são:

- Com grade: 10mGy;
- Sem grade: 4,0mGy.

G2. Dose glandular média

A dose glandular média é o melhor indicador do risco à paciente proveniente da obtenção de imagens mamográficas, pois se considera que o risco de câncer está linearmente associado à dose e que o câncer de mama surge principalmente no tecido glandular. Pode ser definida como¹⁴:

Dose glandular média é a energia depositada, por unidade de massa de tecido glandular, que é o mais radiosensível da mama. É calculada a partir de valores da exposição de entrada no ar, da qualidade do feixe (CSR) em uma determinada energia (kVp) e da espessura da mama comprimida.

A dose glandular média não pode ser medida diretamente, mas deve ser calculada a partir dos resultados de medidas simples e valores tabelados.

Para obter o valor da dose glandular média, considera-se que:

- A mama está firmemente comprimida;



- Há uma camada externa de tecido adiposo, que não contém tecido glandular, que mede aproximadamente 0,5cm de espessura na superfície externa da mama;
- Há uma porção central do tecido mamário composto por uma mistura uniforme de tecidos adiposo e glandular.

Para obter os valores de medição, posiciona-se a câmara de ionização com o objeto simulador de mama, como mostra a Figura 18. Estes devem ser convertidos em valores de dose multiplicando-os por um fator dependente da CSR e da energia utilizada.

Figura 18
Arranjo com a câmara de ionização para medição de dose glandular média⁵



Fonte: Autoria própria, 2012.

Para um equipamento estar em conformidade com o ACR, a dose glandular média liberada durante uma projeção craniocaudal de um objeto simulador adequado não deve exceder 3,0mGy por exposição. A dose deve ser determinada com condições e fatores técnicos usados clinicamente para uma mama padrão. Esse teste deve ser efetuado anualmente.

A Portaria SVS/MS n° 453/1998⁸ não menciona esse teste.



H. Estudo da colimação e da coincidência de campos de luz e de raios X

Para o posicionamento adequado da mama da paciente é utilizado um sistema de luz visível para saber onde a radiação vai alcançar a mama. Portanto, esses dois campos devem ser coincidentes.

Os objetivos principais deste teste são:

- Garantir que o colimador permita a completa cobertura do receptor de imagem pelo campo de raios X;
- Verificar se a radiação X não ultrapassa as bordas do receptor de imagem;
- Verificar se a borda da parede torácica do dispositivo de compressão está alinhada com a respectiva borda do filme.

Esse teste pode ser facilmente efetuado utilizando-se objetos radiopacos colocados sobre um filme, delimitando as bordas do campo de luz. Outro objeto pode ser colocado na borda da parede torácica do dispositivo de compressão (Figura 19).

Figura 19

Foto do arranjo para medição da coincidência de campos de radiação e de luz e um exemplo de filme obtido para análise. É colocado um chassi com filme no suporte da mama (de cima) e outro no porta-chassis (de baixo), de forma que ao se irradiar, as imagens são sobrepostas



Fonte: Autoria própria, 2012.

Esse teste completo é exigido apenas pelo ACR4, que dá os seguintes limites:

- Coincidência: os desvios entre os campos, nos dois eixos do filme, não devem exceder 2% da DFI. A Portaria SVS/MS nº 453/1998⁸ diz que deve ser 2% da DFI para cada lado e não menciona os demais testes.
- Alinhamento do campo de radiação com a borda do filme: o desvio entre o campo de radiação e a borda do filme na parede torácica deve ser menor ou igual a 2% da DFI.



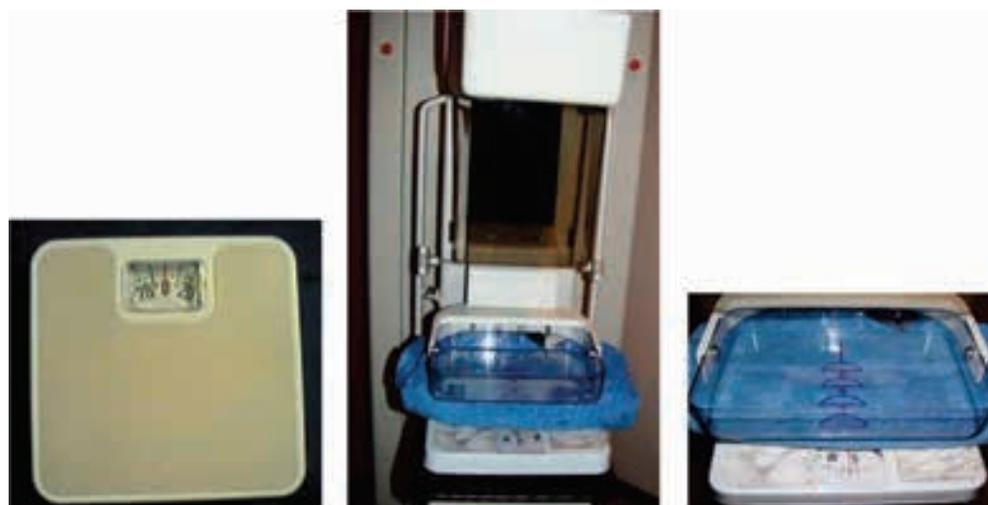
- Ajuste da borda da bandeja de compressão à borda do receptor de imagem: o desvio não deve exceder +1% da DFI (borda da bandeja de compressão além da borda do filme). Um desvio negativo mostraria a sombra da parede vertical da bandeja de compressão.

I. Verificação da força de compressão

A compressão é necessária para obter-se uma boa qualidade de imagem, porém causa muito desconforto quando efetuada. Para garantir uma compressão adequada da mama, a força de compressão deve estar em uma faixa de 11 a 18kg, de acordo com a Portaria SVS/MS nº 453/1998⁸. A verificação é muito simples e basta utilizar uma balança de banheiro, como mostrado na Figura 20, e várias toalhas que simulem a mama a ser comprimida. Alguns equipamentos possuem dois modos de compressão: o automático e o manual. Neste caso, deve-se testar os dois, comprimindo-se sempre até o máximo que o equipamento permite. O intervalo fornecido pela Portaria SVS/MS nº 453/1998 não menciona qual o modo de compressão.

Figura 20

A. Balança de banheiro analógica que pode ser utilizada para se verificar a força de compressão da mama B. Método de medição, colocando-se a balança na mesa e pressionando-se a toalha. C. Detalhe da medição



Fonte: Autoria própria, 2012.

O ACR⁴ permite valores entre 11 a 20kg e o teste deve ser realizado semestralmente.

A Agência Internacional de Energia Atômica (International Atomic Energy Agency – IAEA), em sua publicação de 2011¹⁵, considera o intervalo de 15 a 20kg para o modo automático e de, no máximo, 30kg para o modo manual.



J. Equipamentos digitais

A combinação écran-filme utilizada em mamografia convencional é trocada por um detector que produz um sinal eletrônico para cada local que formará a imagem. A amplitude de cada sinal está relacionada à transmissão de raios X através da mama e é digitalizado e armazenado na memória de um computador. Os equipamentos que produzem imagens digitais apresentam uma parte de geração de raios igual ao de equipamento de écran-filme. Existem algumas publicações^{15,16,17} que mencionam alguns testes que devem ser realizados para este tipo de equipamento e quem poderia realizá-los, como mostra o Quadro 9.

Esses testes devem ser realizados por pessoas especializadas; seus resultados devem ser avaliados e, sempre que necessário, deve-se chamar o serviço de manutenção corretiva e os testes devem ser refeitos.



Quadro 9
Sujeção de Testes de qualidade complementares para alguns tipos
de equipamentos
que produzem imagens digitais

Físico Médico
Verificação da unidade mamográfica
Força de compressão e verificação da espessura
Fatores técnicos locais para medição razão de diferença de sinal- Ruído (RDSR)
Avaliação do controle automático de exposição (CAE)
Função resposta do detector
Linearidade especial e distorção geométrica do detector
Fantasma no detector
Uniformidade do detector e avaliação de artefato
Função de transferência de modulação (FTM)
Resolução espacial limite
Camada semi-redutora
Dose na entrada da pele
Dose glandular média (DG)
Sistema de colimação
Qualidade de imagem de monitores
Impressora laser (onde aplicável)
Qualidade de imagem em objeto simulador
Técnico de radiologia
Inspeção, limpeza e condições de visualização dos monitores
Verificação diária do equipamento
Imagem do objeto similar diariamente
Inspeção visual de artefatos (CR apenas)
Sensitometria da impressora laser
Apagamento das placas de imagem
Controle de qualidade de monitores
Limpeza de negatoscópios
Artefatos e objeto de teste semanalmente
Qualidade de imagem com objeto simulador de mama adequado para imagens digitais
Verificação da segurança e função da sala de exames e equipamento
Artefatos do detector
Artefatos da impressora laser
Qualidade da imagem impressa
Análise de repetição de radiografias
Teste de resolução espacial (para sistemas CR e de varredura)

Fonte: Autoria própria, 2012.



10.3 A situação dos equipamentos hoje

No Brasil, a publicação da Portaria SVS/MS n° 453/1998⁸ colaborou com o aumento da conscientização de que é necessário controlar as doses fornecidas às pacientes e a qualidade das imagens. Muitos trabalhos estão sendo desenvolvidos em vários pontos do País para tornar viável a implementação de Programas de Controle de Qualidade (PCQ). O próprio Ministério da Saúde tem se empenhado para que esta implementação ocorra da forma mais correta e reprodutível, e publicou no Diário Oficial da União, a Resolução RE n° 64¹⁸ em 4 de abril de 2003, e a republicou como Resolução n° 1.016¹⁹, em 2005, que fornece procedimentos prontos para se realizar os testes de controle de qualidade de maneira simplificada e viável. Várias medidas têm sido tomadas para que as mulheres que realizam exames obtenham a melhor imagem diagnóstica possível com a menor dose, principalmente a glandular média.

Referências

- ¹ INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION. **Evaluation and routine testing in medical imaging departments: Part 1: General Aspects.** Geneva, Switzerland: IEC, 1993. (IEC 61223-1-1).
- ² MARQUES, P. M. A., COIADO, O. C., BROCHI, M. A. C. Programa de análise de rejeição-repetição (PAR) de exames radiológicos em hospital universitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FÍSICA MÉDICA, 9.; CONGRESSO LATINO AMERICANO E CARIBENHO DE FÍSICA MÉDICA, 3., 26/29 set. 2004, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro, 2004.
- ³ CARROL, Q. B. X-ray and radiographic variables. In: _____. **Fuchs' s radiographic exposure, processing and quality control.** 6th ed. Springfield: Charles C Thomas Publisher, 1998. cap. 1, p. 5-19.
- ⁴ AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY. Mammography quality control manual. Reston, Va: ACR - Committee on Quality Assurance in Mammography, 1999.
- ⁵ BORRÁS, C. The Role of Instrumentation in Quality Control Programs. In: WORKSHOP SOBRE CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS PARA CONTROLE DE QUALIDADE DE EQUIPAMENTOS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGENS, 1., 17 e 18 fev. 2004, São Paulo. [Palestra]. São Paulo, 2004.
- ⁶ PHYSICAL characteristics of X-ray film and film processing. CURRY III, T. S.; DOWDEY, J. E.; MURRY JUNIOR, R. C. **Christensen's: Introduction to the physics of diagnostic radiology.** 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1984. cap. 10.



- 7 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Evaluation and routine testing in medical imaging departments: Part 2-3: darkroom safelight conditions.** Geneva: IEC, 1993. (IEC 61223-2-3).
- 8 BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância à Saúde. Portaria nº 453, de 1 de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo território nacional e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 jun. 1998.
- 9 AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. Quality control in diagnostic radiology: Task Group 12 – Diagnostic X-Ray Imaging Committee. **AAPM Report**, Madison, WI, n. 74, 2002.
- 10 NERISSIAN, D. Y. **Determinação das dimensões do ponto focal de tubos de raios X utilizando um sensor CCD e o método das funções de transferências.** 2004. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo, 2004.
- 11 HAUS, A. G. **Advances in film processing system technology and quality control in medical imaging.** Madison, WI. Medical Physics Publishing, Madison, WI, 2001.
- 12 INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures.** Oxford, 2001. Publication 85.
- 13 ROTHENBERG, L. N. Exposures and doses in Mammography. In: HAUS, A. G., YAFFE, M. J. **Syllabus: a categorical course in physics. technical aspects of breast imaging.** 3. ed. Oak Brook, IL. Radiological Society of North America (RSNA), 1994.
- 14 GRAY, J. E. Mammographic quality control for technologist and the medical physicist as consultant to the technologist. In: HAUS, A. G., YAFFE, M. J. **Syllabus: A categorical course in physics. Technical aspects of breast imaging.** 3. ed. Oak Brook, IL. Radiological Society of North America (RSNA), 1994.
- 15 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Quality Assurance Programme for Digital Mammography. **Human health series**, Viena, n. 17, 2011.
- 16 WILLIS, C. E. An overview of quality assurance and quality control in the digital Imaging department. In: **QUALITY assurance: meeting the challenge in the digital medical enterprise.** Great Falls. Society for Computer Applications in Radiology, Great Falls, 2002.



- 17 HENDRICK, R. E.; BERNS, E. A. Quality control in digital mammography. In: **QUALITY Assurance: meeting the challenge in the digital medical enterprise**. Great Falls. Society for Computer Applications in Radiology, Great Falls 2002.
- 18 AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Guia de segurança e qualidade de imagem em radiodiagnóstico médico. **RE**, Brasília, n. 64, 4 abr. 2003.
- 19 AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Radiodiagnóstico médico: segurança e desempenho de equipamentos**. Brasília, 2005. (Resolução nº 1.016/05).



11 Proteção Radiológica em Serviços de Mamografia

Tânia Aparecida Correia Furquim*

11.1 Princípios de proteção radiológica

Radiação pode ser definida como a energia que vem de uma fonte e viaja através do vácuo ou de algum meio material¹. Estas radiações podem ser corpusculares ou ondas eletromagnéticas (EM), como mostra o Quadro 1.

Quadro 1
Tipos de radiações

Partículas		Ondas eletromagnéticas		
Carregadas	ALFA	2 prótons e 2 nêutrons = núcleo de um átomo de hélio	GAMA	RADIAÇÃO EM emitida do núcleo de um átomo como um meio de liberar o excesso de energia
	BETA	Negativo: origina do núcleo de um átomo que sofre decaimento radioativo pela mudança de um nêutron para um próton Positivo: pósitron é emitido de átomo pela alteração de um próton a um nêutron;	RAIOS X	Produzido por radiação de freamento ou na órbita eletrônica de um átomo
	PRÓTON			
	ELÉTRON			
Sem carga	NÊUTRON			

Fonte: Autoria própria, 2012.

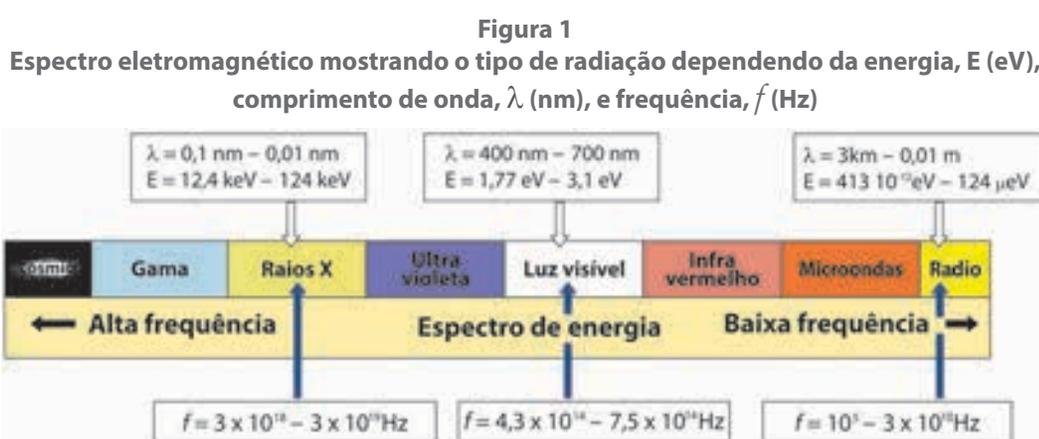
Em nossa rotina temos contato com diversas formas de radiação, como ondas de rádio, micro-ondas, luz visível, entre outras. Essas radiações são classificadas pela quantidade de energia que carregam e pela frequência. A Figura 102 mostra como utilizamos as diversas frequências (f), comprimentos de onda (λ) e energias (E) das ondas eletromagnéticas.

* Física Médica do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Doutora em Tecnologia Nuclear – Aplicações (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – SP), mestre em Biofísica (Instituto de Física da USP), Especialista em Radiologia Diagnóstica (Associação Brasileira de Física Médica).



Percebe-se que, nas ondas eletromagnéticas quanto menor o comprimento de onda maior será a energia que ela carrega. As EM movem-se com a velocidade da luz ($c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$) e têm componentes tanto de campo magnético quanto de campo elétrico, que oscilam em fase perpendicular um em relação ao outro.

Do ponto de vista de proteção radiológica, a característica mais importante da radiação é a energia que ela carrega e que pode ser transmitida a objetos, uma vez que isso pode causar efeitos físicos ou biológicos. As radiações que têm energia suficiente para retirar elétrons de átomos ou moléculas, criando íons, são chamadas de radiações ionizantes.



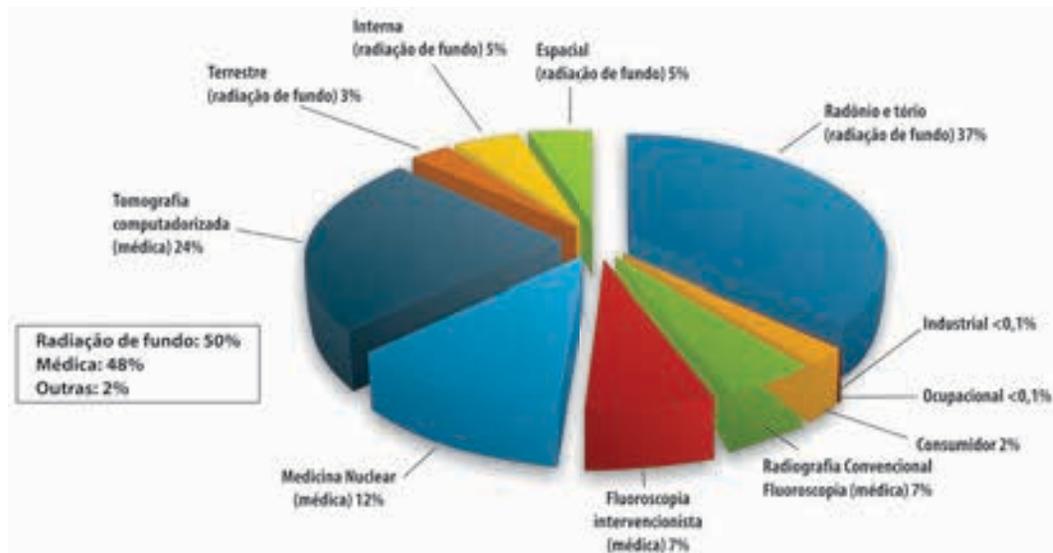
Fonte: Autoria própria, 2012.

As radiações utilizadas em radiologia diagnóstica, os raios X ou gama, são exemplos de radiação ionizante. A ionização de tecidos vivos altera moléculas ou células o que pode matar as células e até necrosar tecidos, podendo produzir anormalidades mais graves.

De acordo com a National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP Report 160)² mostra a distribuição da utilização das radiações, em termos de dose efetiva coletiva (discutidas posteriormente), onde 48% são médicas das que temos contato, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2
Distribuição da utilização das radiações, em termos de dose efetiva



Fonte: Autoria própria, 2012.

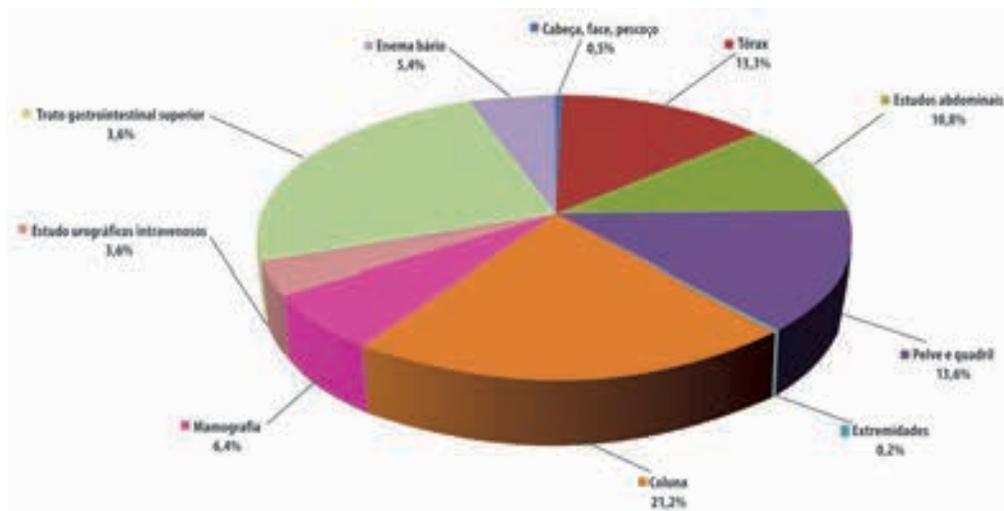
Entre as modalidades diagnósticas que aplicam radiações médicas mostradas na Figura 2, percebe-se que 5 % são referentes à Radiologia convencional/fluoroscopia. Destas, que envolvem os estudos mostrados na Figura 3, podemos ver que 6,4% são as doses dadas a pacientes devido a exames de mamografia.

Quando se utiliza as radiações ionizantes deve-se sempre ter em mente os princípios de proteção radiológica:

- Justificação.
- Otimização.
- Limites de doses.



Figura 3
Porcentagem de dose efetiva coletiva para procedimentos padrões de Radiologia convencional e fluoroscopia para o ano de 2006 (EUA)³



Fonte: Mettler et al., 2009.

11.1.1 Princípio da justificação

Conforme descrito pela Portaria SVS/MS nº 453/1998⁴:

A justificação é o princípio básico de proteção radiológica que estabelece que nenhuma prática ou fonte adscrita a uma prática deve ser autorizada a menos que produza suficiente benefício para o indivíduo exposto ou para a sociedade, de modo a compensar o detrimento que possa ser causado.

O princípio da justificação em medicina e odontologia deve ser aplicado considerando:

- a) Que a exposição médica deve resultar em um benefício real para a saúde do indivíduo e/ou para sociedade, tendo em conta a totalidade dos benefícios potenciais em matéria de diagnóstico ou terapêutica que dela decorram, em comparação com o detrimento que possa ser causado pela radiação ao indivíduo.
- b) A eficácia, os benefícios e riscos de técnicas alternativas disponíveis com o mesmo objetivo, mas que envolvam menos ou nenhuma exposição a radiações ionizantes.

11.1.2 Princípio da otimização

Conforme descrito pela Portaria SVS/MS nº 453/1998⁵:

O princípio de otimização estabelece que as instalações e as práticas devem ser planejadas, implantadas e executadas de modo que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições acidentais sejam tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, levando-se em conta fatores sociais e econômicos, além das restrições de dose aplicáveis.



A otimização da proteção deve ser aplicada em dois níveis:

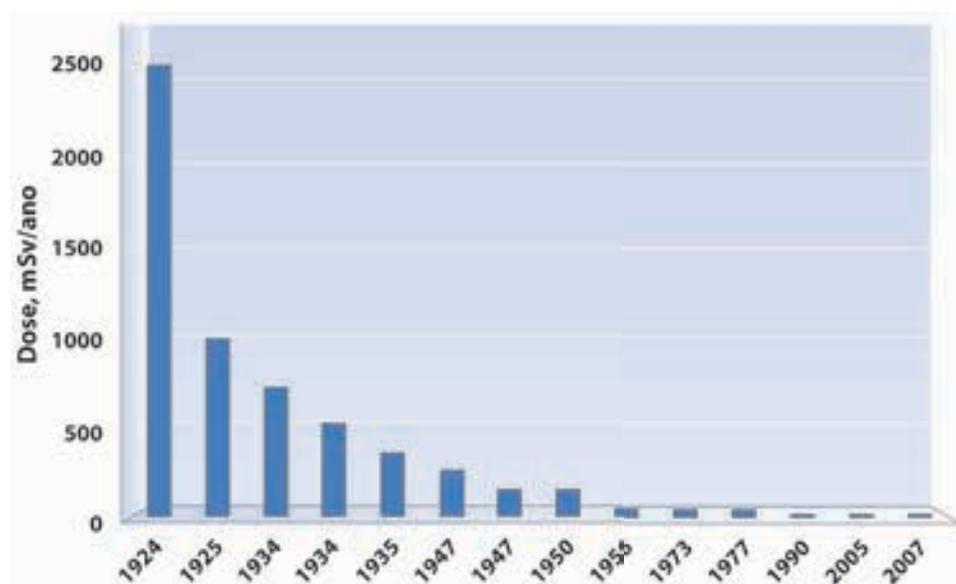
- nos projetos e construções de equipamentos e instalações, e
- nos procedimentos de trabalho.

No emprego das radiações em medicina e odontologia, deve-se dar ênfase à otimização da proteção nos procedimentos de trabalho, por possuir uma influência direta na qualidade e segurança da assistência aos pacientes.

11.1.3 Limitação de doses

Nos primeiros dias da Radiologia, os efeitos biológicos em humanos causados por exposição à radiação ionizante eram muito aparentes. Os efeitos apareciam em minutos, horas, dias ou mesmo semanas após o momento da exposição à radiação. Então, acreditavam que se as doses à radiação a trabalhadores tivessem um limite e fossem mantidas abaixo de um nível de tolerância, os efeitos biológicos poderiam ser evitados⁶. Assim, os limites de dose começaram a ser implementados em 1924 por comissões nacionais de alguns países ou pelas comissões internacionais, como: International Commission on Radiological Protection e International Commission (ICRP) on Radiation Units and Measurements (ICRU). A Figura 4 mostra a evolução temporal dos níveis seguros de dose, de acordo com Okuno¹.

Figura 4
Evolução das recomendações dos limites de doses trabalhadores com radiação



Fonte: Autoria própria, 2012, baseado em Okuno; Yoshimura, 2010.

No Brasil, de acordo com a Portaria SVS/MS nº 453/1998, os limites de doses são descritos a seguir:

Os limites de doses individuais são valores de dose efetiva ou de dose equivalente, estabelecidos para exposição ocupacional e ex-



posição do público decorrentes de práticas controladas, cujas magnitudes não devem ser excedidas.

Os limites de dose:

- a) Incidem sobre o indivíduo, considerando a totalidade das exposições decorrentes de todas as práticas a que ele possa estar exposto.
- b) Não se aplicam às exposições médicas.
- c) Não devem ser considerados como uma fronteira entre “seguro” e “perigoso”.
- d) Não devem ser utilizados como objetivo nos projetos de blindagem ou para avaliação de conformidade em levantamentos radiométricos.
- e) Não são relevantes para as exposições potenciais.

Exposições ocupacionais

a) As exposições ocupacionais normais de cada indivíduo, decorrentes de todas as práticas, devem ser controladas de modo que os valores dos limites estabelecidos na Resolução CNEN nº 12/88 não sejam excedidos. Nas práticas abrangidas por este Regulamento, o controle deve ser realizado da seguinte forma:

(i) a dose efetiva média anual não deve exceder 20 mSv em qualquer período de 5 anos consecutivos, não podendo exceder 50 mSv em nenhum ano.

(ii) a dose equivalente anual não deve exceder 500 mSv para extremidades e 150 mSv para o cristalino.

b) Para mulheres grávidas devem ser observados os seguintes requisitos adicionais, de modo a proteger o embrião ou feto:

(i) a gravidez deve ser notificada ao titular do serviço tão logo seja constatada;

(ii) as condições de trabalho devem ser revistas para garantir que a dose na superfície do abdômen não exceda 2 mSv durante todo o período restante da gravidez, tornando pouco provável que a dose adicional no embrião ou feto exceda cerca de 1 mSv neste período.

c) Menores de 18 anos não podem trabalhar com raios X diagnósticos, exceto em treinamentos.

d) Para estudantes com idade entre 16 e 18 anos, em estágio de treinamento profissional, as exposições devem ser controladas de modo que os seguintes valores não sejam excedidos:

(i) dose efetiva anual de 6 mSv ;

(ii) dose equivalente anual de 150 mSv para extremidades e 50 mSv para o cristalino.

e) É proibida a exposição ocupacional de menores de 16 anos.

As exposições normais de indivíduos do público decorrentes de todas as práticas devem ser restringidas de modo que a dose efetiva anual não exceda 1 mSv.



Quando se fala em limitação de doses, os conceitos referentes às diferentes doses envolvidas na irradiação de uma pessoa devem ser conhecidos. Algumas doses mencionadas, dizem respeito à dose absorvida e dose efetiva.

• Dose absorvida (D): é a grandeza física que relaciona a energia média depositada pela radiação em um meio (Equação 1).

$$D = \frac{\text{energia depositada}}{\text{unidade de massa do meio}}$$

Equação 1

A unidade da dose absorvida é j/kg ou Gy [gray].

- Dose efetiva: é a grandeza física utilizada em proteção radiológica que serve para estabelecer os limites de exposição do corpo todo à radiação, a fim de limitar a ocorrência de efeitos cancerígenos e hereditários. Esta dose considera o tipo de radiação e a sensibilidade que o órgão/tecido-alvo possui em induzirem câncer e efeitos hereditários, inserindo os fatores de ponderação de tecido ou órgão (wT).

11.2 Efeitos biológicos

Os efeitos biológicos podem ser classificados como:

- Determinísticos: são efeitos somáticos da radiação ionizante que podem estar diretamente relacionados à dose recebida. Eles são observados quando uma alta dose de radiação causa a morte celular de um número muito elevado de células de um dado tecido ou órgão. Para este tipo de efeito:
 - o Existe um valor limite de dose, abaixo dele o efeito não é observado.
 - o A severidade do efeito aumenta com a dose.
 - o Envolve um grande número de células.

Estes efeitos podem ser imediatos ou tardios.

- Estocásticos: o efeito ocorre de forma arbitrária, aleatória e a severidade não depende da dose. Exemplos: câncer e alterações genéticas.

Conhecendo-se a possibilidade dos efeitos biológicos, pode-se dizer que a proteção radiológica em radiologia diagnóstica tem dois objetivos principais:



- a. Prevenir clinicamente de qualquer efeito determinístico que possa ocorrer por ultrapassar os limites de dose.
- b. Limitar o risco a respostas estocásticas⁶.

11.3 Proteção radiológica em um serviço de mamografia

Um serviço que contenha um equipamento de mamografia instalado deve preocupar-se com a proteção radiológica do trabalhador com radiação, do paciente e do ambiente. A Portaria SVS/MS nº 453/1998 estabelece requisitos para estes três aspectos de proteção, uma vez que solicita o memorial de proteção radiológica contendo os tópicos:

- a) **Descrição do estabelecimento e de suas instalações, incluindo:**
 - (i) identificação do serviço e seu responsável legal;
 - (ii) relação dos procedimentos radiológicos implementados;
 - (iii) descrição detalhada dos equipamentos e componentes, incluindo modelo, número de série, número de registro no Ministério da Saúde, tipo de gerador, ano de fabricação, data da instalação, mobilidade e situação operacional;
 - (iv) descrição dos sistemas de registro de imagem (chassis, tipos de combinações tela-filme, vídeo, sistema digital etc.);
 - (v) descrição da(s) câmara(s) escura(s), incluindo sistema de processamento.
- b) **Programa de proteção radiológica, incluindo:**
 - (i) relação nominal de toda a equipe, suas atribuições e responsabilidades, com respectiva qualificação e carga horária;
 - (ii) instruções a serem fornecidas por escrito à equipe, visando à execução das atividades em condições de segurança;
 - (iii) programa de treinamento periódico e atualização de toda a equipe;
 - (iv) sistema de sinalização, avisos e controle das áreas;
 - (v) programa de monitoração de área incluindo verificação das blindagens e dispositivos de segurança;
 - (vi) programa de monitoração individual e controle de saúde ocupacional;
 - (vii) descrição das vestimentas de proteção individual, com respectivas quantidades por sala;
 - (viii) descrição do sistema de assentamentos;



- (ix) programa de garantia de qualidade, incluindo programa de manutenção dos equipamentos de raios X e processadoras;
- (x) procedimentos para os casos de exposições acidentais de pacientes, membros da equipe ou do público, incluindo sistemática de notificação e de registro.

c) Relatórios de aceitação da instalação

- (i) relatório do teste de aceitação do equipamento de raios X, emitido pelo fornecedor após sua instalação com o aceite do titular do estabelecimento;
- (ii) relatório de levantamento radiométrico, emitido por especialista em física de radiodiagnóstico (ou certificação equivalente), comprovando a conformidade com os níveis de restrição de dose estabelecidos neste Regulamento;
- (iii) certificado de adequação da blindagem do cabeçote emitido pelo fabricante.

Além disso, este documento deixa clara a responsabilidade do serviço em estabelecer uma cultura de segurança que se traduza em:

- i) Adoção de uma atitude de prevenção e de aprimoramento constantes em proteção radiológica, como parte integrante das funções diárias de cada membro da equipe.
- ii) Definição clara das linhas hierárquicas para a tomada de decisões no âmbito do estabelecimento, e as responsabilidades de cada indivíduo.
- iii) Estabelecimento de um conjunto de regras e procedimentos, tendo a proteção radiológica como tema prioritário, incluindo a pronta identificação e correção dos problemas, de acordo com sua relevância.

11.3.1 Riscos em mamografia: cuidados com pacientes

Os equipamentos de mamografia devem ter um cuidado especial ao se tratar de pacientes assintomáticas, uma vez que este exame é realizado em órgão muito radiosensível. Muitos estudos têm sido publicados mostrando a preocupação com a indução de câncer devido a exames radiológicos^{7,8,9,10}.

A dose efetiva, como dito anteriormente, considera a sensibilidade do órgão à exposição, à radiação e, no caso da mama, este fator de ponderação teve seu valor alterado nas diversas publicações do ICRP, como mostra a Tabela 1.



Tabela 1
Varição nos valores da estimativa da contribuição da exposição de radiação da mama ao detrimento de corpo inteiro, de acordo com as publicações do ICRP

Tecido ou órgão	w_T (1977)	w_T (1990)	w_T (2007)
Gônadas	0,25	0,2	0,08
Medula óssea	0,12	0,12	0,12
Cólon	-	0,12	0,12
Pulmão	0,12	0,12	0,12
Estômago	-	0,12	0,12
Mama	0,15	0,05	0,12
Bexiga	-	0,05	0,04
Esôfago	-	0,05	0,04
Fígado	-	0,05	0,04
Tireóide	0,03	0,05	0,04
Superfície do osso	0,03	0,01	0,01
Cérebro	-	-	0,01
Glândulas salivares	-	-	0,01
Pele	-	0,01	0,01
Restante	0,3	0,05	0,12
Soma Total	1	1	1

Fonte: Autoria própria, 2012.

Percebe-se que a mama é um dos órgãos considerados mais radiosensíveis do corpo humano. Isso indica que, apesar de não haver um limite de dose para paciente, uma vez que se deve considerar o custo-benefício de um exame diagnóstico (justificação), deve-se sempre otimizar a utilização da radiação.



Referências

- ¹ OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das Radiações**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.
- ² NATIONAL council on radiation protection and measurements. **NCRP Report**, n. 160, 2006.
- ³ METTLER, F. A.; BHARGAVAN, M.; FAULKNER, K. et al. Radiologic and Nuclear Medicine Studies in the United States and Worldwide: Frequency, Radiation Dose, and Comparison with Other Radiation Sources—1950– 2007. Português (Brasil) **Radiology**, Easton, Pa Português (Brasil), v. 253, n. 2, 2009.
- ⁴ BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância à Saúde. Portaria nº 453, de 1 de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo território nacional e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 jun. 1998.
- ⁵ BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância à Saúde. Portaria nº 453, de 1 de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo território nacional e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 jun. 1998..
- ⁶ SHERER, M. A. S.; VISCONTI, P. J.; RITENOUR, E. R. **Radiation protection in medical radiography**. St. Louis, MO: Fourth ed. Mosby, Inc., 2002.
- ⁷ YAFFE, M. J.; MAINPRIZE, J. G. Risk of Radiation-induced Breast Cancer from Mammographic Screening. **Radiology**, Easton, Pa, v. 258, n. 1, p. 98-105, 2011.
- ⁸ HENDRICK, E. R. Radiation Doses and Cancer Risks from Breast Imaging Studies. **Radiology**, Easton, Pa, v. 257, n. 1, p. 246-253, 2010.
- ⁹ SAMEI, E.; SAUNDERS, R. S.; BAKER, J. A.; DELONG, D. M. Digital Mammography: Effects of Reduced Radiation Dose on Diagnostic Performance. **Radiology**, Easton, Pa, v. 243, n. 2, p. 396-404, 2007.



- ¹⁰ WANG, X. et al. Computerized prediction of risk for developing breast cancer based on bilateral mammographic breast tissue asymmetry. **Medical Engineering & Physics**, Pittsburgh, v. 33, p. 934-942, 2011, article in press, 2011.

