

**Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologia**

**O Estado da Arte da Mamografia, aplicação ao âmbito
Técnico**

Mestrado em Imagiologia Médica

Rute Velez Canarias de Jesus

**Faro
2010**

**Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologia**

**O Estado da Arte da Mamografia, aplicação ao âmbito
Técnico**

(Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Imagiologia
Médica)

Rute Velez Canarias de Jesus

**Faro
2010**

NOME: Rute Velez Canarias de Jesus

DEPARTAMENTO: Faculdade de Ciências e Tecnologia

SUPERVISÃO: Prof. Doutora Isabel Leiria

ORIENTADOR: Mestre Teresa Figueiredo

DATA: Maio de 2010

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:

O estado da Arte da Mamografia, aplicação ao âmbito Técnico

Agradecimentos

Quero agradecer a todos os que, de alguma forma, nos apoiaram na realização deste trabalho em especial, à Dra. Teresa Figueiredo, à Dra. Isabel Leiria, por terem sido as orientadoras deste trabalho, pelos conhecimentos partilhados, pelos conselhos e sugestões transmitidas para a realização deste estudo...Muito Obrigado, pela força, incentivo, e persistência!

Aos colegas de trabalho pela ajuda e entrega na concretização deste estudo.

Aos pacientes participantes neste estudo e às Instituições, que permitiram a realização da Mamografia, um obrigada pela disponibilidade apresentada.

Aos meus queridos Pais ... Sem Eles, nada seria possível...!

Ao meu Marido e à minha Filhota... Os sorrisos que me fizeram continuar todos os dias...!

O Estado da Arte da Mamografia, aplicação ao âmbito Técnico

Resumo

A mama é um órgão com um papel preponderante na estética, na imagem corporal e na sexualidade da mulher. O cancro da mama engloba deste modo não só a incerteza e angustia perante a doença, como convoca também questões de auto-estima.

O aumento da incidência do cancro da mama nos países ocidentais, torna a Mamografia um exame mais divulgado e indicado ao diagnóstico precoce.

Este trabalho tem como principais objectivos promover a investigação na área técnica, conferindo maiores competências ao Técnico Licenciado em Radiologia, na área da Mamografia. O presente trabalho estabelece os conceitos teóricos que definem a Mamografia, abordando as indicações, a física, a técnica de execução correcta de acordo com o manual de boas praticas e o controlo de qualidade.

Da revisão sistemática efectuada, conclui-se que o melhor meio para reduzir a mortalidade devido ao cancro da mama é o seu diagnóstico precoce. A detecção da lesão maligna num estado inicial passa pela execução de uma Mamografia, de óptima qualidade e que permita examinar a totalidade do volume mamário. Desde o aparecimento da técnica ocorreram evoluções técnicas importantes, que se abordam neste trabalho. Dada a importância pelo diagnóstico é importante manter parâmetros de qualidade imprescindíveis, pelo que o Controlo de Qualidade é um dos temas também englobados neste trabalho.

Palavras-Chave: Mama, Mamografia, Rastreio

The State of the Art of Mammography, application on the technical scope

Abstract

The breast is an important organ for aesthetics, body image and sexuality of women. Breast cancer thus encompasses not only the uncertainty and anxiety in the faces of illness, but also invites questions of self-esteem. The increase in the incidence of breast cancer in Western Countries makes Mammography examination indicated and the most widespread for a early diagnosis.

This work main goal is to promote research in the technical area, giving more ability to the licence degree radiology technologist in the area of Mammography. The present study provides the theoretical concepts that define Mammography, adreessing its indications, the physics, the proper technique implementation according to the manual of good practices and the quality control.

The systematic review undertaken, concluded that the best way to reduce mortality due to breast cancer is early diagnosis. The detection of malignant lesions in early stages passes through the initial implementation of an excellent quality Mammography, allowing examine the entire breast volume. Since the emergence of the art, important technical developments occur, these were consider in this work. Given the importance of the diagnosis it is important to maintain essential parameters of quality, so the quality Control was also one of the topics covered in this study.

Key-words: Breast, Mammography, Screening.

Abreviaturas

ACR – American College of Radiology

ACS – American Câncer Society

AEM – Auto-exame mamário

ARS – Administração Regional de Saúde

Bi-Rads – Breast Imaging Reporting and Data System

CC – Crânio caudal

CAD – Computed Assisted Diagnosis

CAE – Controlo de exposimetria automática

Clear-PEM – Mamografia por emissão de positrões

CR – Computed Radiography

DICOM – Comunicação de imagens digitais em Medicina

DOF – Distância objecto filme

DQE – Eficiência quântica do detector

ECM – Exame clínico mamário

EURATOM – Comunidade Europeia de Energia Atómica

eV – Electrão-volt

FDA – Food and drug Administration

FOV – Field of view

Hz - Hertz

kV – Quilovoltes

mA/s – Miliamperes por segundo

MB – Mega bytes

MTF – Função de transferência de modulação

OML – Oblíqua

PACS – Picture Archiving and Communication System – Sistema de Comunicação e

Arquivamento de Imagens

PET – Tomografia por emissão de positrões

PCQ – Programa de Controlo de Qualidade

QIE – Quadrante inferior externo

QII – Quadrante inferior interno

QSE – Quadrante superior externo

QSI – Quadrante superior interno

Rx – Raios X

Roll – Radioguided occult Localization Lesion

SNR – Signal-noise ratio

TSH – Terapia de reposição Hormonal

UE – União Europeia

OMS – Organização Mundial de Saúde

Índice

Resumo	V
Abstract	VI
Introdução	12
Capítulo I – Evolução da Mamografia.....	14
Mamografia.....	14
Evolução da Mamografia	18
Epidemiologia	24
Capítulo II – Anatomia Descritiva da Mama	29
Embriologia/Desenvolvimento da Mama	29
Descrição Anatômica da Mama	31
Divisão anatômica da Mama	35
Classificação da Mama	36
Anatomia Radiológica da Mama	38
Capítulo III – Indicações da Mamografia	41
Mamografia: Principal método	41
Prevenção do Cancro da Mama	42
AEM	43
ECM	44
Mamografia	44
Mamografia de Rastreio	45
Mamografia de Diagnóstico	46
Rastreio	49
Capítulo IV – Equipamento e Princípios Físicos	53
Descoberta do RX	53
Equipamento de Mamografia	57
Capítulo V – Mamografia Digital	68
Evolução da Mamografia Digital	68
Vantagens da Mamografia Digital	74
Técnicas Alternativas	80
Capítulo VI – Controlo de Qualidade em Mamografia	87
Controlo de Qualidade	87
Testes de Controlo de Qualidade	92
Controlo de qualidade em Mamografia Digital	101
Artefactos em Mamografia	105
Capítulo VII – Procedimento na realização do exame	114
Cuidados a ter com a paciente	114
Posicionamento Mamográfico	115
Incidências Padrão	117
Incidências Complementares	122
Capítulo VIII – Ultrassonografia Mamária	132
Ultrassonografia Mamária	133
Evolução da ultrassonografia Mamaria	134
Vantagens da sua aplicação	136
Capítulo IX – Conclusão	139
Bibliografia	141

Índice de Figuras

Figura 1 – Equipamento de Mamografia	14
Figura 2 – Linha mamária	29
Figura 3 – Anatomia da mama em corte coronal e sagital	32
Figura 4 – Diferentes tipos de mamilo	33
Figura 5 – Esquema de um ducto terminal	34
Figura 6 – Divisão da mama em quadrantes	35
Figura 7 – Classificação da mama	37
Figura 8 – Diferentes tipos de contraste nos tecidos fibroglandular e adiposo ...	40
Figura 9 – Logótipo do rastreio da mama no Algarve	52
Figura 10 – Descrição de uma ampola de RX	54
Figura 11 – Distribuição de energia emitida por uma ampola de RX	55
Figura 12 – Mamógrafo mammomat	58
Figura 13 – Representação esquemática do equipamento de Mamografia.....	59
Figura 14 – Tipos de compressores	61
Figura 15 – Posições de exposimetria automática	63
Figura 16 – Equipamento de Mamografia: Mammomat 3000 Nova	66
Figura 17 – Equipamento de Mamografia: Coluna de RX	67
Figura 18 – Equipamento de Mamografia: Painel de Controlo	67
Figura 19 – Mamografia Analógica: sistema filme-écran	70
Figura 20 – Mamografia Digital: detector	71
Figura 21 – Ampliação de escala de cinzentos	72
Figura 22 – Etapas da Mamografia Digital	72
Figura 23 – Imagens digitais	74
Figura 24 – Imagens digitais de próteses mamárias	75
Figura 25 – Imagens digitais não processadas	76
Figura 26 – Imagens digitais: Manipulação brilho/contraste	78
Figura 27 – Imagens digitais ampliadas	78
Figura 28 – Imagem digital ampliada	79
Figura 29 – Imagem digital ampliada invertida	79
Figura 30 – Imagens mamográficas digitais com CAD	80
Figura 31 – Processo de reconstrução da Tomossíntese Mamária	82
Figura 32 – Mamografias Digital	83
Figura 33 – Mamografia Digitais com CAD	83
Figura 34 – Imagens de Tomossíntese Mamária.....	84
Figura 35 – Imagem esquemática do funcionamento da técnica Clear-PEM	85
Figura 36 – Monitor de tratamento de imagem	86
Figura 37 – Fantoma no Mamógrafo	97
Figura 38 – Imagem radiológica do fantoma	97
Figura 39 – Simulação de estruturas	97
Figura 40 – Imagem danificada pelo rolo do processador	106
Figura 41 – Químico escorrido no filme sem lavagem	107
Figura 42 - Aglutinação de grânulos de prata sob alta temperatura do processador	107
Figura 43 – Impressão digital ocorrida no carregamento da cassete	108
Figura 44 – Fio radiodenso na cassete	108
Figura 45 – Sujidade na cassete	108
Figura 46 – Perda de definição na imagem mamográfica	109
Figura 47 – Desodorizante simulando microcalcificações	110
Figura 48 – Imagem radiodensa	110

Figura 49 – Sombra cutânea simulando nódulo mamário	110
Figura 50 – Mamografia com falta de compressão	111
Figura 51 – Sombra de cabelo sobre o filme	111
Figura 52 – Fios de sutura calcificados	112
Figura 53 – Fragmentos metálicos de projétil de arma de fogo simulando calcificações e microcalcificações	112
Figura 54 – Posicionamento da incidência CC	117
Figura 55 – Imagem mamográfica da incidência CC	119
Figura 56 – Posicionamento da incidência Oblíqua	120
Figura 57 – Imagem mamográfica da incidência Oblíqua	122
Figura 58 – Posicionamento da incidência Perfil Interno	122
Figura 59 – Imagem mamográfica da incidência Perfil Interno	122
Figura 60 – Posicionamento da incidência Perfil Externo	123
Figura 61 – Imagem mamográfica da incidência Perfil Externo	123
Figura 62 – Posicionamento da incidência Prolongamento Axilar	123
Figura 63 – Imagem mamográfica da incidência Prolongamento Axilar	123
Figura 64 – Posicionamento da incidência CC com rotação externa	124
Figura 65 – Posicionamento da incidência CC com rotação interna	124
Figura 66 – Imagem mamográfica da incidência CC com rotação externa de 20° .	124
Figura 67 – Posicionamento da incidência de “Túnel”	125
Figura 68 – Imagem mamográfica da incidência de “Túne”	125
Figura 69 – Manobra de Ecklund	126
Figura 70 – Posicionamento da Técnica de Ecklund	126
Figura 71 - Imagem mamográfica da incidência da Técnica de Ecklund	126
Figura 72 – Esquema da ampliação da mama	127
Figura 73 – Posicionamento da incidência Macro	127
Figura 74 – Imagem mamográfica da incidência Macro	127
Figura 75 – Imagem mamográfica da incidência Tangencial	128
Figura 76 – Posicionamento da incidência Localizada	129
Figura 77 – Imagem mamográfica da incidência Localizada	129
Figura 78 – Exemplos de Ecógrafos	133
Figura 79 – Imagem radiológica de Ultrassonografia Mamária	134
Figura 80 - Transdutores de Ultrassonografia	135

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Classificação Bi-Rads	17
Tabela 2 – Classificação tipos de mama	38
Tabela 3 – Padrões de densidade	39
Tabela 4 – Compressão Mamária	62
Tabela 5 – Vantagens vs Desvantagens da Mamografia Digital	77
Tabela 6 – Periodicidade da realização de testes de Controlo de Qualidade	95
Tabela 7 – Resumo das incidências standard e complementares utilizadas em Mamografia	130

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Faixa dinâmica de sistemas écran-filme	103
--	-----

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como principais objectivos promover a revisão sistemática na área técnica, conferindo maiores competências na área da Mamografia. O presente trabalho estabelece os conceitos teóricos que definem a Mamografia, abordando as indicações, a física, a técnica de execução correcta de acordo com o manual de boas práticas, o controlo de qualidade, bem como a adequada formação dos Técnicos em Mamografia.

O presente trabalho insere-se na Investigação Final do Mestrado em Imagiologia Médica. Apresenta uma revisão do estado da arte da Mamografia, uma das técnicas imagiológicas com maiores avanços nas últimas décadas e que colocam imperativos de domínio da técnica pelos operadores. O estudo apresenta uma recolha exaustiva e sistemática de dados de informação sobre os aspectos relacionados com a técnica.

A elaboração de um manual para os Técnicos de Radiologia, em Português, visto que maioritariamente a bibliografia disponível apresenta-se em Inglês, bem como a experiência profissional da autora durante 5 anos, no qual trabalhou com a Técnica de Mamografia em diferentes instituições, aliada á vontade de aprofundar conhecimentos técnicos e científicos, motivaram a realização deste trabalho. A criação do Mestrado em Imagiologia Médica na Universidade do Algarve, na Faculdade de Ciências e Tecnologia, favoreceu a concretização deste ideal, através da cooperação dos orientadores.

A principal técnica de imagem utilizada no diagnóstico precoce é a Mamografia, que tem como objectivo principal obter uma imagem, usando as diferenças de coeficiente de atenuação linear dos diferentes tipos de tecidos, detectando assim diferentes densidades. É um procedimento que necessita de diversos conhecimentos técnicos e posicionamento adequado para que não exista comprometimento da qualidade da imagem mamográfica, a fim de possibilitar imagens que proporcionem um diagnóstico diferencial. Para a realização desta técnica é utilizado um mamógrafo, que consiste fundamentalmente na formação da imagem num filme radiográfico. Esta imagem apresenta diferentes tons de cinza, a qual representa diferenças de densidade na mama.

Independentemente do estado da doença a detecção precoce é a principal “arma” para aumentar as probabilidades de cura. A prevenção pode ser efectuada através do rastreio do cancro da mama, para tal são executadas Mamografias englobadas num protocolo standardizado.

CAPÍTULO I

EVOLUÇÃO DA MAMOGRAFIA

1. A Mamografia

A Mamografia é um exame de diagnóstico por imagem, que tem como finalidade estudar o tecido mamário. O seu principal objectivo é produzir imagens com a máxima informação diagnóstica, com elevado contraste, grande resolução e com a menor dose de radiação possível. Esta técnica utiliza voltagens que variam aproximadamente entre 25 a 40kV, onde a maioria das interacções são fotoeléctricas, resultando numa técnica de imagem de elevado contraste, quando comparada a outros exames com radiação ionizante.

Está indicada como um exame de diagnóstico precoce, sistemático a partir dos 40 anos, pois detecta tumores mamários, antes mesmo que surjam sintomas, bem como método de diagnóstico, quando já há suspeita da existência de uma anomalia. É realizado através de um equipamento especializado, a que designamos por mamógrafo, com alta resolução, que permite visualizar nódulos, densidades anormais nos tecidos e microcalcificações. Somente a Mamografia detecta microcalcificações, ou seja, minúsculos pontilhados brancos de formas diferentes que representam depósitos milimétricos (Souen, 2003).



Figura 1 - Equipamento de Mamografia

A Mamografia continua a ser o exame por excelência no diagnóstico na maioria da patologia mamária, complementada por outras técnicas como a ecografia mamária, ressonância magnética, tomografia de emissão de positrões, cintigrafia, biópsia selectiva do gânglio sentinela, citologia mamária, biópsias, mamotomo, etc.

No entanto, cada vez mais se procura a integração entre especialista da área de Senologia e de outras especialidades, com o objectivo de uniformizar acções que tornem o diagnóstico do cancro da mama mais eficaz, menos agressiva e menos angustiante. Neste sentido o Colégio de Radiologia dos Estados Unidos da América (*ACR*) elaborou em 1992, um conjunto de recomendações para a padronização de relatórios mamográficos que são denominados Breast Imaging Reporting and Data System (*Bi-Rads*). O objectivo da sistematização é padronizar a nomenclatura de relatórios mamográficos, que devem possuir conclusão diagnóstica e propor conduta, ressaltando que a Mamografia deve ser sempre precedida pelo exame físico e comparado com exames anteriores.

A classificação do risco mamográfico divide-se:

- ✓ Bi-Rads 0;
- ✓ Bi-Rads 1;
- ✓ Bi-Rads 2;
- ✓ Bi-Rads 3;
- ✓ Bi-Rads 4 (4A, 4B, 4C);
- ✓ Bi-Rads 5;
- ✓ Bi-Rads 6.

O Bi-Rads 0, requer avaliação imagiológica complementar e/ou comparação com exames anteriores.

Em Bi-Rads 1 a Mamografia é considerada normal e é sugerido um controlo habitual.

No Bi-Rads 2, os achados benignos são visualizados na Mamografia e é sugerido Mamografia de controlo habitual.

Em Bi-Rads 3, os achados benignos têm uma probabilidade de malignidade inferior a 2%, e é sugerido um controlo a médio prazo ou eventual biópsia.

Em Bi-Rads 4 é subdividida de acordo com o grau de suspeita de malignidade, com probabilidade entre 3% a 95%, existindo nestes casos necessidade de complementação histológica (biópsia). Em 4A a suspeita de malignidade é baixa (3% a 30%), em 4B a suspeita de malignidade é intermédia (30% a 65%) e por último em 4C a suspeita de malignidade é elevada (65% a 95%).

No Bi-Rads 5, a probabilidade de malignidade é elevada, com uma probabilidade de 95%, enquanto no Bi-Rads 6 existem alterações mamográficas com diagnóstico histológico de malignidade (Breast Imaging Reporting and Data System: Bi-Rads, 4th edition. 2003, American College of Radiology).

Segundo esta classificação, o relatório deve inicialmente descrever a densidade radiológica das mamas, lembrando que a maior densidade do parênquima mamário reduz a sensibilidade do método, porém não altera a categoria Bi-Rads (Breast Imaging Reporting and Data System: Bi-Rads, 4th edition. 2003, American College of Radiology).

As vantagens da utilização do Bi-Rads estão relacionadas à padronização que ele promove e às sugestões de conduta. A sistematização da estrutura evita relatórios extensos e sem objectivos e a padronização dos termos facilita e torna mais compreensível a descrição de eventuais lesões. Ao uniformizar as conclusões e sugestões de conduta, evitam-se relatórios inconclusivos. Além disso, esta sistematização facilita a realização e comparação de trabalhos científicos e as auditorias de instituições e programas de rastreio.

CLASSIFICAÇÃO BI-RADS			
Categoria	Interpretação	Probabilidade de Cancro	Conduta
0	Inconclusivo		Avaliação imagiológica complementar e/ou comparação com exames anteriores
1	Benigno		Controle anual a partir dos 40 anos de idade
2	Benigno		Controle anual a partir dos 40 anos de idade
3	Provavelmente benigno	<2%	Repetir dentro de seis meses (eventualmente biópsia)
4A	Suspeita de malignidade baixa	3% a 30%	Biópsia
4B	Suspeita de malignidade média	30% a 65%	Biópsia
4C	Suspeita de malignidade elevada	65 a 95%	Biópsia
5	Provavelmente maligno	>95%	Biópsia
6	Lesão biopsada e diagnosticada como maligna	100%	

Tabela 1 – Classificação Bi-Rads (Fonte: Breast Imaging Reporting and Data System, Bi-rads. 4th edition, 2003 American college of Radiology)

1.1. Um Pouco De História...

A Mamografia é provavelmente um dos procedimentos de diagnóstico por imagem que mais cresceu, quantitativamente e qualitativamente. O primeiro relatório de radiografia da mama foi feito em 1913 por Albert Salomon, um cirurgião alemão, que estudou cerca de 3000 casos de mastectomia para tentar correlacionar a imagem radiográfica com a anatomia microscópica dos tumores mamários. A sua primeira preocupação era o estudo da extensão e o modo de “propagação” do tumor mamário e, Salomon constatou que uma imagem obtida por Rx permitia uma boa visualização quer do tumor quer da sua extensão.

Durante mais de uma década não houve referências a radiografias mamárias na literatura médica. As duas grandes razões para esta falta de interesse clínico eram: as dificuldades técnicas de execução de radiografias mamárias e a péssima qualidade das imagens obtidas. Muitos eram os que tinham a remoção cirúrgica e o exame histológico de nódulos palpáveis como procedimentos “standard”, actos quase obrigatórios, pelo que, não havia grande interesse noutros métodos de diagnóstico.

Em 1920 vários grupos independentes começaram a investigar a radiografia da mama. Walter Vogl, membro de um grupo, em 1932, propôs uma classificação radiográfica das lesões benignas. Stafford L. Warren, radiologista nova-iorquino, ao utilizar fluoroscopia a nível do tórax, começou a examinar as mamas em diferentes ângulos.

Constatou que ao colocar o braço acima da cabeça conseguia uma projecção oblíqua e ântero-posterior quer da mama, quer da axila. Stafford considerou que para realizar radiografias mamárias era necessário que a paciente se mantivesse numa posição fixa: em decúbito dorsal, levantando o lado contra-lateral, sob o qual eram colocados sacos de areia. Era necessário retraindo a mama oposta afastando-a do feixe de Rx. Stafford contribuiu com excelentes descrições da glândula mamária normal, durante a gravidez e fora deste estado, distinguindo-as. Enfatizou a necessidade de estudos bilaterais.

A maioria dos artigos referia o valor potencial da radiografia mamária. Contudo, relatavam resultados desencorajadores, em consequência da má qualidade radiográfica. Dadas as dificuldades técnicas em obter radiografias de valor diagnóstico, foram propostas diversas técnicas invasivas. Emil Ries, em 1930, demonstrou, com sucesso, tumores dos ductos lactíferos injectando lipiodol. Infelizmente cerca de 7 semanas após a injeção as pacientes queixavam-se de dores na mama contra-lateral, relacionadas com a formação de abscessos.

Em 1937 este método foi desenvolvido por N. Frederick Hicken, o qual introduziu “thorotrast” directamente nos ductos lactíferos. Este procedimento, que permitia o estudo do sistema ductal e secretório da glândula mamária, foi atribuída a designação de Mamografia. Hicken referiu que nem todos os tumores podiam ser visualizados injectando os ductos.

Em alguns desses casos uma agulha era introduzida directamente na massa tumoral e, se de um quisto se tratasse o seu conteúdo era aspirado e substituído por ar. Este método foi denominado aeromamograma, ou pneumomamograma, como lhe chamou Baraldi em 1933, demonstrando claramente os contornos quísticos, possibilitando a distinção de diferentes tipos.

Anos mais tarde, numerosos relatórios chamaram a atenção para as perigosas sequelas que poderiam advir da utilização das substâncias radiopacas no sistema de ductos mamários, as complicações iniciais resumiam-se a mastites e abscessos, posteriormente foram relatados cancros, anos depois do uso de “thorotrast”.

Em 1951, Raul Leborgne do Uruguai, contribuiu com mais uma descoberta para o estudo da radiografia da mama. Constatou que as microcalcificações eram demonstráveis em 30% dos casos de cancro da mama. Essas classificações eram inumeráveis, redondas ou ligeiramente alongadas e apresentadas em grupo. Cresciam lentamente e eram tipicamente assintomáticas. Contudo, eram detectadas em fase inicial em exames com Rx, o que tornou perceptível o enorme valor de diagnóstico destes métodos.

Leborgne, à semelhança de outros autores enfatizou que devido à complexidade da patologia mamária e à diferença de opacidade entre tecidos normais e patológicos, o estudo por Rx exige uma técnica perfeita.

Em 1960, surge Robert L. Egan, que experimentou diferentes emulsões fotográficas, processamentos, alta miliamperagem e baixa kilovoltagem, obtendo imagens de grande qualidade, valor diagnóstico e facilmente reproduzíveis.

Em meados da década de 60, Charles M. Gros introduziu duas grandes inovações: substituiu um ânodo de molibdénio por um de tungsténio, que aumentou o contraste entre as estruturas mamárias; e introduziu a compressão vigorosa da mama durante a exposição, eliminando artefactos de movimento, a radiação difusa e separando as estruturas internas da mama.

Em 1966, a Companhia CGR introduziu o Senógrafo, o 1º modelo/equipamento dedicado exclusivamente à radiografia da mama. Este equipamento possuía como características um ponto focal de 0,7mm de molibdénio, melhorando o contraste e um sistema de compressão que conduziu a um decréscimo de radiação difusa e do flou cinético, separando as estruturas mamárias sobrepostas.

Em 1973 a Companhia DuPont comercializou uma combinação ecrã/filme. O ecrã intensificador era de alta resolução e o filme era monoemulsionado. Seguiu-se um curto período de contestação, devido à elevada dose de radiação e os seus malefícios, que supostamente não justificavam os eventuais benefícios do diagnóstico. Porém, a confiança voltou com as inovações na Mamografia, que passaram a utilizar uma baixa dose no tecido irradiado, um grande contraste e uma grande resolução espacial.

De facto, é já exigível a detecção de contrastes inferiores a 1%, distâncias de resolução da ordem de (ou menores que) 100 μm e doses efectivas para exames com duas exposições em cada seio da ordem de 0,16 mGy (Lima, P., 2005).

Estas inovações foram conseguidas graças a novas tecnologias como: ânodo de molibdénio ou de ródio, rectificação de tensões de frequência, utilização de folhas intensificadoras de terras raras nos ecrãs e a utilização de um filme com uma única emulsão. O ânodo de molibdénio ou de ródio produz Rx de baixa energia e reduz a dose absorvida; em relação ao ponto número dois, originam grande estabilidade e permitem grande reprodutibilidade dos resultados; a utilização de folhas intensificadoras de terras raras nos ecrãs, permite obter eficiências de detecção superiores a 20% e por último a utilização de um filme com uma única emulsão para minimizar a degradação da resolução espacial, entre outros (Lima, P., 2005).

Actualmente, presenciamos a substituição da Mamografia Convencional pela Mamografia Digital em que há substituição do sistema convencional de ecrã-película, por um detector digital, que regista os raios como sinais eléctricos, e transforma-os em dados digitais (Bauab SP, 2005).

Possui como principais vantagens: maior resolução de contraste; menor dose de radiação devido à diminuição das repetições e de incidências adicionais, e melhor eficácia na absorção dos Rx. A imagem digital é passível de ser manipulada facilitando o diagnóstico. Contudo possui desvantagens por ser inicialmente mais dispendiosa, e possuir uma resolução espacial inferior à analógica (Pisano ED, 2005)

Novos procedimentos diagnósticos acessórios foram surgindo, como a punção aspirativa de quistos com injeção gasosa (pneumocistografia), a punção aspirativa de lesões mamárias com agulha fina orientadas por mamografia (*PAAF*) e a "core biopsy" que se tornaram no método precioso no diagnóstico pré-operatório das lesões de mama.

Paralelamente desenvolveu-se a estereotaxia digital para localizações precisas de pequenas lesões. Além destes, a localização pré-operatória por estereotaxia das lesões não palpáveis, foi um marco na história terapêutica de cancro da mama.

Um dos mais recentes métodos é a Biópsia assistida por vácuo, um procedimento onde se procede à remoção percutânea em vácuo de tecido mamário, com a ajuda de um equipamento especificamente desenhado. Este difere da "core biopsy" pela técnica e pelo maior calibre da cânula, por onde são retiradas quantidades substanciais de tecido, o que vai permitir ao patologista realizar diagnósticos com maior precisão (Beck. et al, 2000).

Em Medicina Nuclear desenvolveu-se a técnica de ROLL (*Radioguided Ocult Localization Lesion*) e do gânglio sentinela (Veronesi U et al, 2001). A primeira técnica é uma variante da localização pré-operatória de lesões não palpáveis, onde se injecta um radiofármaco em vez de um fio guia, possibilitando que, através da orientação de uma câmara gama e uma sonda com o formato de uma caneta, o cirurgião identifique facilmente a lesão (Veronesi, U et al, 2001).

A segunda consiste na injeção de um radiofármaco no interior da lesão, o qual será drenado pelos vasos linfáticos, contrastando os gânglios adjacentes, que serão localizados pela gama câmara (Doting MHE et al, 2000; Jansen L et al, 2000).

O estudo da patologia mamária por Ressonância Magnética Nuclear iniciou-se em 1982 e desde então tem evoluído significativamente. Em 1986 utilizou-se o gadolínio como meio de contraste endovenoso, o qual foi uma mais-valia para o diagnóstico.

Comparando com outras modalidades de imagem, esta constitui a técnica com maior sensibilidade na detecção de carcinoma invasivo da mama, entre 85% e 99% e no estudo de mamas com implantes. Oferece uma informação nova e diferente, além do facto de não utilizar radiações ionizantes; contudo tem as suas limitações, como alto custo económico, morosidade na realização do exame devido ao grande número de imagens adquiridas, e uma elevada taxa de possibilidade de falsos positivos em patologia benigna (Gaspar, A., 2006).

1.3. Epidemiologia

1.3.1. Incidência e Prevalência

Entre as mulheres portuguesas, o cancro da mama é o tumor maligno com mais novos casos por ano e com maior mortalidade. Nas mulheres, um em cada 4 casos de cancro, corresponde a cancro da mama, registando-se uma maior incidência após os 40 anos. (Dias, 2002).

A taxa de incidência média anual mundial em 2000, é de 70,7/100.000. Nos países nórdicos é ligeiramente mais elevada – 91,6, em França cerca de 83,2 e no Reino Unido é de 74,9/100.000 (www.iarc.fr).

O cancro da mama em Portugal, já figura, tal como em muitos países do mundo ocidental, como a neoplasia mais frequente e de maior mortalidade na população feminina acima dos 35 anos. Por ano, o número de novos casos situa-se entre 3000 e 3500, segundo os registos Oncológicos de Lisboa, Porto e Coimbra. Uma média de dez novos casos de cancro de mama por dia (Silva, C., 2000).

O cancro da mama é considerado um problema de saúde pública, não só pela sua incidência e mortalidade, como pelo seu elevado custo de tratamento (Paulinelli, RR et al, 2004). Normalmente, afecta mulheres em fase reprodutiva, levando a limitações estéticas e funcionais com imediatas repercussões físicas e psíquicas, interferindo deste modo na sua sexualidade e na sua imagem.

O cancro da mama é o resultado da interacção de inúmeros factores genéticos, como o estilo de vida, hábitos reprodutivos e o meio ambiente, ao qual designamos por factores de risco. No entanto, não se conhecem os factores responsáveis pelo aparecimento do cancro na mama. Sabemos sim, que existem determinadas características, tais como o sexo feminino, idade superior a 35 anos, menarca precoce, menopausa tardia, primeira gestação tardia, obesidade na pós-menopausa, consumo de álcool, tabagismo, história familiar (antecedentes familiares de linha directa com cancro da mama), entre outros, que aumentam o risco.

Estes são alguns dos factores mais relevantes. Contudo, não significa que no futuro os possuidores destes factores venham a desenvolver obrigatoriamente cancro da mama, significa apenas risco acrescido. Em termos práticos implica uma vigilância mais cuidada.

A Organização Mundial de Saúde (*OMS*) (1985), nas “Metas da Saúde para todos”, indica que o cancro da mama contribui em 24% para a mortalidade total por cancro e é o tumor maligno mais frequente nas mulheres dos 35 aos 64 anos. O Cancro da mama segue um paradigma cumulativo, a carcinógenese é sequencial com múltiplos passos e degraus. A carcinógenese representa a cadeia que culmina vários factores de stress no genoma humano, que após um ponto crítico, com 3 a 7 mutações, dando início à persistência da mutação com marcador oncogénico, a que se chama factor de iniciação. Associa-se um factor de promoção e estimulação do crescimento celular, que se denomina cocarcinogenese, como os factores ambientais ou alimentares.

O cancro consiste na multiplicação celular formando um conjunto de células tumorais. Tumores, também chamados neoplasias significam “novo crescimento”. Trata-se de um novo crescimento de tecido resultante da contínua proliferação de células anormais. O aumento da incidência nas últimas quatro décadas tem sido uma realidade em todos os países desenvolvidos, com estabilização da mortalidade. Mesmo com correcção para o aumento demográfico a incidência aumentou 60% em 20 anos na União Europeia (*U.E.*) e a mortalidade aumentou 5% (*IV European Guidelines for Breast Câncer*).

As patologias com história biológica de crescimento lento e longas fases pré-clínicas são as que os rastreios obtêm melhores resultados. Por este facto o domínio científico tentou estabelecer em relação ao cancro da mama um programa que reduzisse a mortalidade e a morbilidade associada ao cancro da mama, com a aplicação de um teste, e como tal foram aplicados rastreios e avaliados os resultados.

O Rastreo representa um balanço entre o custo da sua implementação e redução da mortalidade. O rastreo trata da aplicação de um teste sensível, específico, simples e aceitável, com um custo suportável (Séradour B. 2004). O rastreo tem como principal objectivo, disponibilizar os conhecimentos existentes sobre uma doença específica de modo a, com intervenções efectivas, levar ao seu diagnóstico precoce e tratamento eficaz (eventual cura), com redução das respectivas taxas de mortalidade e aumento dos anos de vida sem incapacidade.

Os rastreios são avaliados pelo impacto, pretendendo-se quantificar de forma objectiva os ganhos em saúde. O Plano Oncológico Nacional determinou metas para Portugal de cobertura de 60% da população por meio de um rastreo de cancro da mama (DGS. Plano Oncológico nacional 2004-2010), e estimando reduzir deste modo a mortalidade de 13,5/100.000 para 10,0/100.00.

Outro dos objectivos é aumentar a sobrevivência aos cinco anos de 71,9 %, para 75% (dados de 1998). Em Portugal, a Liga Portuguesa Contra o Cancro, promove rastreios com abrangência nacional de dois em dois anos.

O rastreio é realizado através de várias unidades móveis que se deslocam às sedes dos concelhos e onde se fazem as mamografias. No Algarve, a Associação Oncológica do Algarve promove, em conjunto com a Administração Regional de Saúde (ARS), um rastreio de base populacional desde Setembro de 2005, que já rastreou cerca de 50.000 mulheres com idades compreendidas entre os 50 e os 67 anos.

CAPÍTULO II

ANATOMIA DESCRITIVA DA MAMA

1. Embriologia/Desenvolvimento da Mama

Em todos os embriões humanos, masculinos e femininos, desenvolvem-se de ambos os lados do corpo um cordão de tecido, que se estende desde a região clavicular até à raiz da coxa, formando a denominada linha mamária.

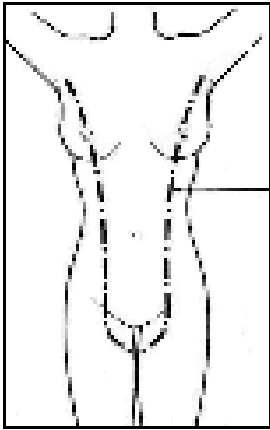


Figura 2 - Linha Mamária (Fonte: Guyton)

Estes cordões lactogénicos estão na origem do tecido mamário, atrofiando e desaparecendo a grande maioria no decorrer da vida embrionária, de forma que apenas um “ilhéu” isolado persiste na face anterior do tórax, de ambos os lados da linha média. Estes “ilhéus” correspondem a mamas rudimentares.

Ocasionalmente, podem persistir outros focos de tecido mamário ao longo da linha mamária (figura 2). Estes focos podem dar origem a tecido mamário acessório na fase adulta. Se o desenvolvimento desse tecido se completar, pode ocorrer o aparecimento de uma ou mais mamas acessórias.

É, no entanto, mais frequente que o desenvolvimento seja incompleto, resultando num mamilo adicional ou numa marca cutânea. As mamas primordiais são exactamente iguais em ambos os sexos, mantendo-se, normalmente, pouco desenvolvidas até à puberdade. Sob a influência de hormonas apropriadas, a mama masculina, pelo menos durante as duas primeiras décadas de vida, pode desenvolver-se o suficiente para produzir leite, da mesma forma que a mama feminina. Todavia, enquanto na mulher há produção maciça de estrogénios e progesterona (que promovem um processo progressivo de desenvolvimento e crescimento da mamas rudimentares), no homem ocorre fundamentalmente produção de testosterona cujos efeitos não se manifestam ao nível das mamas (Kopans, 2000).

Cerca de 20% dos adolescentes do sexo masculino, evidenciam um desenvolvimento parcial das suas mamas – ginecomastia, fenómeno que pode ser transitório. Normalmente a mama masculina mantém a sua estrutura pouco desenvolvida durante toda a vida. Em contrapartida a mama feminina é, durante toda a vida, alvo de sucessivas modificações. Na puberdade a aréola torna-se elevada e forma com o mamilo uma pequena protuberância cónica. Os ductos primários rudimentares começam um processo rápido de alongamento e ramificações. Os verdadeiros alvéolos secretores não se desenvolvem até à gravidez. O processo de desenvolvimento atinge o seu apogeu nos últimos meses de gravidez ou principalmente, após o parto, aquando da amamentação. Desde que atinge a maturidade até à menopausa, a mama feminina sofre variações cíclicas, associadas ao ciclo menstrual, que resultam em aumento ou diminuição de tamanho em função da actividade do tecido glandular (Kopans, 2000).

Após a menopausa a glândula mamária sofre evolução, os elementos glandulares diminuem ou desaparecem e são substituídos por tecido fibroso e frequentemente por tecido adiposo, cuja quantidade varia bastante. Para cada mulher considerada individualmente, a mama tem características que variam de acordo com a idade, o estado hormonal, fase do ciclo menstrual ou eventual administração de fármaco, nomeadamente estrogénios.

1.1. Descrição anatómica da mama

Na mulher adulta, a glândula mamária ou mama constitui uma saliência cónica ou hemisférica localizada anteriormente e lateralmente na parede torácica. São órgãos pares e normalmente estendem-se desde a porção anterior da segunda costela até à sexta ou sétima costela, e do extremo lateral do esterno até à axila. Destinam-se primordialmente à secreção do leite, sendo a sua função primordial nutrir, auxiliando assim na perpetuação das espécies (Ferrari et al, 2002).

A normalidade da mama é individual e mutável, isto porque, existem grandes variedades de mama, tanto no que diz respeito ao tamanho, à morfologia, à proporção dos tecidos que a constituem bem como quanto à forma, tamanho e coloração da aréola e mamilo.

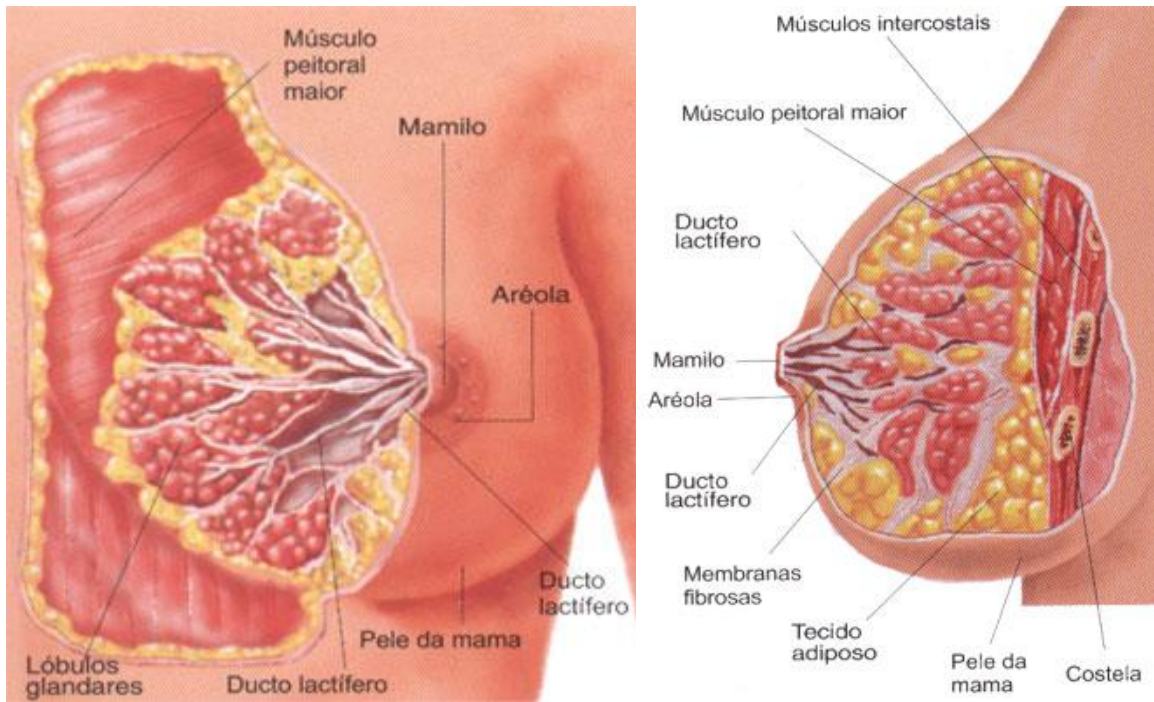


Figura 3 - Anatomia da mama em corte coronal e sagital
 (Fonte: www.clinimater.com.br/images/anat_mama)

A anatomia da superfície inclui o mamilo, uma eminência em forma cônica ou cilíndrica. Apresenta um orifício principal, situado na porção central e vários orifícios secundários, distribuídos por todo o corpo mamilar. Estes orifícios correspondem à abertura dos canais galactóforos (geralmente são de 12 a 20), provenientes das glândulas secretoras do interior do tecido mamário. Anatomicamente, o mamilo pode ser classificado: em mamilo protuso (elástico, saliente, formando um ângulo de 90° entre o mamilo e a aréola); mamilo plano ou raso, situando-se ao nível da aréola, pouco elástico e com elevada quantidade de aderências e tecido conjuntivo; mamilo invertido ou umbilicado (inversão total do tecido epitelial, podendo ocasionar o desaparecimento completo do mamilo e atélia do mamilo, que corresponde à ausência do desenvolvimento do mamilo (figura 4).

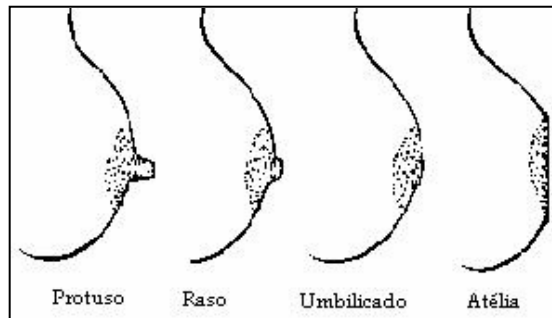


Figura 4 - Diferentes tipos de mamilo (Fonte: Thompson e Gordan)

A área pigmentada que circunda o mamilo é denominada de aréola mamária. É uma região onde encontramos diversos nervos sensitivos, importantes no reflexo da produção de leite e glândulas sebáceas, que durante a gravidez hipertrofiam até ao diâmetro de 2,5mm, tornando-se proeminentes (Tuberculos de Montgomery), produzindo uma secreção lipóide, cuja função consiste em lubrificar os mamilos (Seeley, 1997). Durante a gestação a aréola tem a sensibilidade reduzida, aumentando após o parto, facilitando o envio de impulsos nervosos aferentes ao hipotálamo, que controlam o processo de lactação, sendo um factor importante para desencadear o início da lactação.

A junção da parte inferior da mama com a parede anterior do tórax constitui a prega inframamária. O prolongamento axilar é uma faixa de tecido que envolve lateralmente o músculo peitoral. Interiormente a mama é constituída por 10 a 15 canais galactóforos principais, terminando por um poro mamilonar. Estes canais principais, após uma dilatação, o sinus lactífero, ramificam-se em canais secundários, de médio e pequeno calibre, até à unidade terminal ducto-lobular (Kopans, 2000).

Esta unidade funcional secretória é constituída pelo galactóforo terminal extra e intralobular e pelo ácino ou canalículo terminal (figura 5). Estes canais galactóforos (intralobulares) estão dispostos num tecido conjuntivo laxo, o tecido paleal, enquanto o tecido conjuntivo extralobular é denso e pouco celular. O tecido adiposo envolve todos estes constituintes (Kopans, 2000).

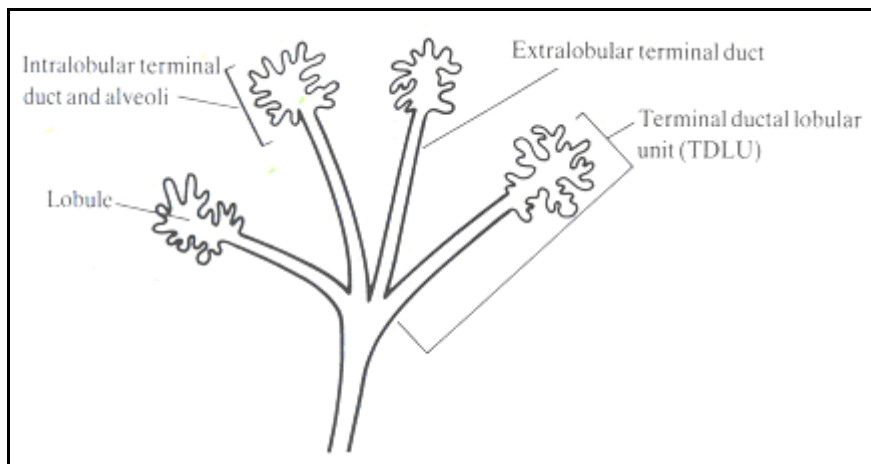


Figura 5 - Esquema de um ducto terminal. (Fonte: Woodward, P.)

Genericamente, o tecido mamário pode ser dividido em três grupos principais: o tecido glândular, constituído pelos ductos e lóbulos; o segundo grupo pelo tecido conjuntivo, dando forma e consistência à mama, apresentando-se sob a forma de septos conjuntivos arqueados, ao qual denominamos por Ligamentos de Cooper; e por ultimo o tecido adiposo, que envolve o parênquima glândular, o estroma e o tecido conjuntivo.

1.2. Divisão anatómica da mama

Clinicamente, a mama divide-se anatomicamente em quatro quadrantes, que utilizam o mamilo como o centro. São eles: quadrante superior externo (*QSE*), quadrante superior interno (*QSI*), quadrante inferior externo (*QIE*) e quadrante inferior interno (*QII*) (figura 6). Convencionou-se dividir a mama desta forma para facilitar a leitura e consequentemente localizar possíveis lesões (Bontrager, 2003).

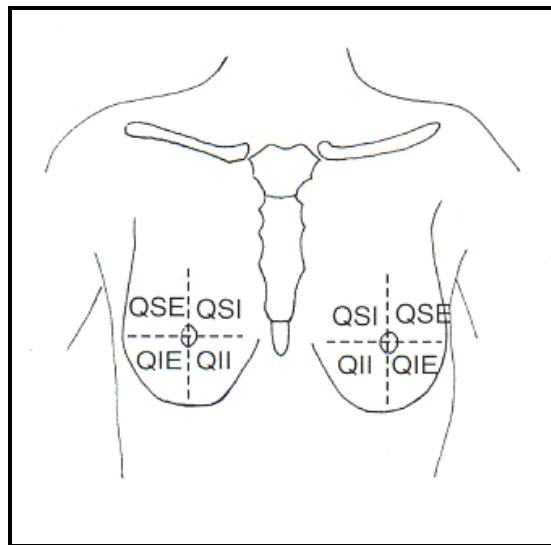


Figura 6 - Divisão da mama em quadrantes. (Fonte: Bontrager)

Esta divisão por quadrantes é extremamente importante para a correcta localização da patologia mamária. Os quadrantes superiores externo e interno visualizam-se melhor na incidência Crânio-Caudal (*CC*), enquanto os quadrantes inferiores externo e interno são adequadamente visualizados na incidência Obliqua ou no perfil estrito (*PV*).

1.3. Classificação da Mama

A densidade relativa da mama é principalmente afectada por características mamárias inerentes a cada paciente, estado hormonal, idade e gestação. As glândulas mamárias sofrem alterações cíclicas associadas à elevação e quedas das secreções hormonais durante o ciclo menstrual, gravidez, lactação e alterações que ocorrem durante a vida da paciente.

A mama é constituída por um conjunto de tecidos: tecido glandular (que secreta leite); tecido fibroso e tecido adiposo entre os lobos de tecido glândular, juntamente com vasos sanguíneos, linfáticos e nervos. Genericamente, a mama pode ser classificada em três categorias, segundo o tipo de tecido glândular versus tecido adiposo (figura 7).

- **Mama fibroglândular**

Mama densa, por conter uma quantidade relativamente pequena de tecido adiposo. A faixa etária comum para a categoria fibroglândular situa-se entre a pós-puberdade até cerca de 30 anos de idade. No entanto, mulheres de 30 anos que são nulíparas (nunca tiveram filhos), gestantes ou na fase de lactação também pertencem a este grupo, uma vez que possuem um tipo de mama muito denso (Bontrager, 2003).

- **Mama fibroadiposa**

A medida que há um aumento na faixa etária, a mama sofre elevadas alterações nos tecidos mamários, e a pequena quantidade de tecido adiposo altera-se para uma distribuição mais equitativa de gordura e tecido fibroglandular. No grupo etário de 30 aos 50 anos de idade, a mama já não é tão densa como no grupo mais jovem.

Radiograficamente, esta mama é de densidade média, e exige menos exposição que a mama fibroglandular. Varias gestações em fase precoce da vida reprodutiva aceleram o desenvolvimento das mamas para o tipo fibroadiposo (Bontrager, 2003).

- **Mama adiposa**

É o tipo de mama que ocorre após a menopausa, a partir dos 50 anos, após a vida reprodutiva da mulher. A maioria do tecido glandular mamário atrofia-se e é substituído por tecido adiposo, através de um processo a que designamos por involução lipomatosa (Bontrager, 2003).

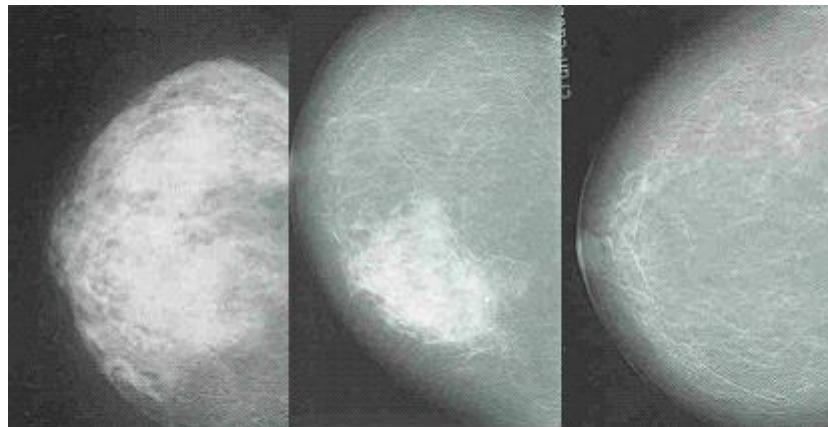


Figura 7 – Classificação da mama: mama fibroglandular, mama fibroadiposa, mama adiposa
(Fonte: Bontrager)

Classificação das mamas		
Mama Fibroglândular	Mama Fibroadiposa	Mama Adiposa
<ul style="list-style-type: none"> ● Faixa etária- 15 aos 30 anos ● Mulheres grávidas ou lactantes ● Radiologicamente densas ● Pouca gordura 	<ul style="list-style-type: none"> ● Faixa etária – 30 a 50 anos ● Mulheres jovens com 3 ou mais gestações ● Radiologicamente densidade média ● 50% gordura e 50% tecido fibroglândular 	<ul style="list-style-type: none"> ● Faixa etária – a partir dos 50 anos (pós-menopausa) ● Radiologicamente, densidade mínima ● Atrófica ● Mama de crianças e homens

Tabela 2 - Classificação do tipo de mamas

1.4. Anatomia Radiológica

A mama considerada normal é de caracterização muito subjectiva, uma vez que o parênquima mamário sofre diversas alterações ao longo da vida da mulher, determinando padrões radiológicos variáveis (Heywang-Kobrunner SH., 1999; Kopans DB., 2000).

As mamas mais jovens apresentam-se mais fibrosas, com maior parênquima, logo não oferecem contraste radiológico suficiente para um exame mamográfico ideal. Normalmente, apresentam uma elevada radiodensidade homogénea, limitando a qualidade e a eficácia da Mamografia (Majid AS., 2003; Peer PGM., 1996; Saarenmaa I., 2001). Neste grupo, encontram-se a maioria das mulheres abaixo dos 35 anos, sendo que o número de filhos e a duração da amamentação podem alterar este quadro radiológico, propiciando uma substituição adiposa mais precoce.

Por outro lado, as mamas, após os 50 anos de idade, na maioria dos casos, apresentam maior quantidade de tecido adiposo e, conseqüentemente, melhor contraste. Nesta fase, além de uma hipertransparência difusa, podem estar mais visíveis, processos como vasos normais com ou sem calcificações (Kopans DB., 2000). Segundo o mesmo autor, a terapia de reposição hormonal (*TSH*) pode interferir na especificidade e na sensibilidade do exame mamográfico, uma vez que o tecido mamário sofre um processo de grande influência estrogénica, existindo um aumento da densidade do parênquima mamário.

Embora todas as classificações descritas anteriormente para o parênquima mamário apresentem semelhanças, a classificação proposta pelo ACR, desenvolvida pelo Registo de Imagem da Mama e Sistema de Dados Bi-Rads (2004), é a que tem maior aceitação por apresentar simplicidade, abrangência e fácil entendimento. Esta classificação considera 4 padrões de densidade do parênquima mamário, que estão descritas na tabela abaixo:

Padrões de densidade	
Padrão de densidade nº1	Mama quase na totalidade constituída de gordura
Padrão de densidade nº2	Tecido adiposo predominante, porem com escassa densidade fibroglândular
Padrão de densidade nº3	Tecido mamário heterogéneo denso, podendo reduzir a sensibilidade da mamografia
Padrão de densidade nº4	Tecido mamário extremamente denso, reduzindo a sensibilidade da mamografia

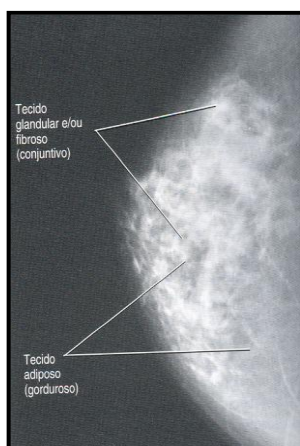
Tabela 3 – Padrões de densidade - Categorias Bi-Rads (Fonte: Breast Imaging reporting and data system: Bi-Rads 4th edition/ copyright 1992, 1993, 1995, 1998, 2003 American College of Radiology)

Em suma, o aspecto radiológico de uma mama em Mamografia decorre basicamente da quantidade relativa das duas densidades, nomeadamente, os elementos epiteliais e conjuntivos, mais densos, e do tecido adiposo, de maior transparência.

1.4.1. Radiologia do tecido mamário

A densidade radiológica é o resultado da variação da capacidade de penetração dos Rx em função das diferenças entre os tecidos do corpo humano. Assim, as partes do órgão que tem maior capacidade de absorver Rx apresentam-se de uma forma mais clara, em relação às que absorvem menos Rx.

Ao analisarmos uma radiografia da mama deparamo-nos com a presença de vários tecidos cujo contraste inerente é muito baixo. Na radiologia convencional, o contraste é elevado devido às diferenças na densidade de massa e número atómico entre osso, musculo, gordura e tecido pulmonar. Na Mamografia, são obtidas imagens de estruturas de densidade e número atómico semelhantes, o que resulta num baixo contraste intrínseco entre os tecidos que a caracterizam.



Os tecidos fibrosos e glândulares são de densidade semelhante, apresentando estruturas claras, enquanto o tecido adiposo é menos denso que qualquer um dos tecidos anteriormente referido, apresentando-se assim de uma forma mais clara ou mais escura, dependendo da espessura destes tecidos (Bontrager, 2003).

Figura 8 - Diferença de contraste nos tecidos fibroglandular e adiposo (Fonte: Bontrager)

CAPÍTULO III

A MAMOGRAFIA

1. A Mamografia - Principal Método

A Mamografia é considerada o principal método de diagnóstico de cancro da mama em estado inicial, com a capacidade de detectar alterações ainda não palpáveis, favorecendo, assim, o tratamento precoce, mais efectivo, menos agressivo, com melhores resultados estéticos e com melhor redução nas consequências resultantes do cancro mamário (Boyle, 2002; Miller AB et al, 2002).

O exame mamográfico continua a ser praticado em mulheres a partir dos 40 anos, e continua a ser o melhor método de diagnóstico precoce do cancro mamário. Dos inúmeros factores associados às normas preventivas do cancro da mama, estão o nível socioeconómico, a história familiar de cancro da mama e a história pessoal de biopsia mamária com resultado benigno. Estes factores estão relacionados com maiores prevalências de práticas preventivas e, consequentemente, com tumores mamários diagnosticados mais precocemente (Pascalichio JC et al, 2001).

Os fundamentos para o controlo do cancro da mama baseiam-se na prevenção, na detecção precoce e no tratamento.

1.1. Prevenção do cancro da mama

A prevenção do cancro da mama é bastante complexa, pois muitos dos factores associados a este são endógenos, e portanto, difíceis de serem controlados. Classicamente a prevenção é dividida em primária e secundária. A prevenção primária procura eliminar ou modificar os factores de risco para a neoplasia, enquanto a secundária tem como objectivo identificar e tratar os tumores iniciais (Hulka BS, 1995).

A detecção precoce torna-se possível por meio de rastreio mamográfico, ao qual tem como objectivo principal diminuir a mortalidade por cancro da mama, através da identificação e tratamento dos tumores em estádios mais precoces do que seria feito sem o rastreio. A recomendação da utilização do rastreio para identificação de uma determinada enfermidade não deve ser realizada indiscriminadamente. A OMS estabelece alguns critérios a serem observados para que uma enfermidade seja foco de rastreio em massa:

- ✓ A doença deve representar um sério problema de saúde pública, tanto pela sua frequência como pela mortalidade;
- ✓ Devem existir tratamentos disponíveis aos pacientes nos quais a doença foi detectada;
- ✓ Os exames utilizados devem ser aceites pela população;
- ✓ Deve estar estabelecida a eficácia da detecção na morbilidade e na mortalidade.

O cancro mamário enquadra-se nas condições anteriormente descritas. Assim, tem sido recomendado que o seu rastreio se apoie numa tríade constituída pelo auto-exame mamário (*AEM*), exame clínico mamário (*ECM*) e pela Mamografia (Pasqualette HA, 1998). Uma vez que esta última, é considerada como a única exploração com eficácia demonstrada na detecção precoce do cancro da mama, sendo o rastreio de base populacional, o meio adequado para detectar precocemente esta neoplasia, e atingir resultados na redução da mortalidade.

Para além da observação e palpação médica, são recomendadas Mamografias a mulheres de 40 anos pertencentes a grupos de alto risco, ou seja, a mulheres com uma história familiar de cancro da mama, que devem ser repetidas bienalmente. Todas as mulheres com mais de 50 anos devem também fazer Mamografias anualmente.

1.1.1. Auto-exame mamário

O objectivo fundamental do AEM é fazer com que a mulher conheça detalhadamente as suas mamas, o que facilita a percepção de quaisquer alterações, tais como pequenos nódulos nas mamas e axilas, saída de secreções pelos mamilos, mudança de cor da pele, existência de retracção do mamilo, entre outros.

Com o avanço tecnológico e do conhecimento, sabe-se que a mortalidade reduz-se significativamente quando o tumor é detectado com menos de 1cm, pelo que na maioria das mamas de tamanho normal, com 1cm são impalpáveis. Logo a palpação não tem interesse porque a detecção só avalia tumores em fases hoje consideradas já avançadas. O que se pretende é por rotina implementar a Ecografia ou a Mamografia e detectar lesões mínimas infra-clínicas.

A mulher pode realizar o AEM, mas este não exclui, nem substitui a Mamografia, bem como a observação médica e exames complementares de diagnóstico.

1.1.2. Exame-clínico mamário

O exame clínico mamário deve ser realizado periodicamente, nomeadamente em mulheres jovens, independentemente de o cancro mamário não ser muito frequente nesta faixa etária. A sociedade Americana de Cancro (*American Cancer Society – ACS*) recomenda que o ECM deve ser realizado a partir dos 20 anos de idade, com uma periodicidade trienal até aos 39 anos de idade, quando a partir de então deva ser realizado anualmente (Smith, RA et al, 2006). No entanto, existem artigos que consideram relevante, iniciar o ECM a partir dos 16 anos, idade em que actualmente a maioria das jovens inicia a primeira consulta ao ginecologista, bem como a sua actividade sexual.

1.1.3. Mamografia

A Mamografia é considerada a técnica mais fiável, para a detecção precoce do cancro da mama, constituindo o método ideal para a identificação de lesões subclínicas (Eiras AL et al, 2000), e quanto mais cedo o tumor for detectado, melhor será o prognóstico e menos radical o tratamento. No entanto, esta continua a ser motivo de controvérsia e muitos médicos ainda não a solicitam como exame de rotina, em mulheres assintomáticas, a partir dos 40 anos de idade (Dershaw, DD., 2002; Jackson, VP., 2002).

Em Mamografia há que distinguir Mamografia de rastreio e Mamografia de diagnóstico, na qual incluímos a Mamografia de diagnóstico precoce.

1.1.3.1. Mamografia de rastreio

O rastreio mamográfico define-se como sendo o exame radiológico das mamas, em mulheres assintomáticas (45 aos 70 anos), em intervalos regulares, com o objectivo de detectar cancro da mama precoce. Uma Mamografia é designada de rastreio, se a paciente a realiza segundo uma determinada rotina, por exemplo anual. Não necessita da presença de um Médico Radiologista, sendo os resultados posteriormente analisados por dois Médicos Radiologistas. As incidências realizadas limitam-se a Crânio-caudal e Oblíqua, a cada mama.

Para que o rastreio mamográfico se torne viável e possa contribuir para a diminuição da mortalidade pelo cancro da mama, as mulheres necessitam de ser informadas sobre os benefícios da detecção e tratamento precoce da doença. Por outro lado, os Profissionais de Saúde precisam de consciencializar de que a detecção precoce é uma maneira eficaz de controlar o cancro da mama. Isto significa, que não se pode pensar em rastreio mamográfico populacional sem uma campanha de informação, educação e consciencialização sobre os benefícios outorgados pelo exame radiológico, a intervalos regulares, a partir dos 40 anos.

Para além deste facto, é necessário que os programas possam ir além do rastreio, pois é o tratamento precoce das lesões que possibilita um resultado cosmético mais desejável e com menor exposição aos tratamentos complementares, de maior morbilidade e maiores custos para a mulher e para o país.

1.1.3.2. Mamografia de diagnóstico

A Mamografia de diagnóstico é realizada, por rotina ou quando há suspeita da existência de uma anomalia, sendo que massas e microcalcificações são as duas mais comuns. Esta suspeita inicia-se quando há a descoberta de uma lesão palpável (nódulo), por exemplo, por meio de AEM ou após o estudo de uma área previamente identificada na Mamografia de rotina. Neste caso, várias incidências são recomendadas, a presença física de um Médico Radiologista é essencial, para melhor correlação das diversas imagens e para a necessidade de realizar outros exames de diagnóstico.

Nas pacientes sintomáticas, o exame é realizado avaliando-se o risco-custo-benefício de cada caso. Segundo Tabar (2001), os sintomas mais frequentes são o nódulo e “empastamento” e descarga papilar.

Em relação ao nódulo e “empastamento” é considerado um sinal/sintoma que é detectado pela paciente. Nesta situação a Mamografia deve ser realizada, independente da data do exame anterior. Em alguns casos, após a Mamografia, o exame deve ser complementado com a ultrassonografia, para identificar se o nódulo é sólido ou quístico, diferença fundamental para determinar o tratamento a ser implementado.

A descarga papilar está relacionada com a secreção das mamas. É um sinal/sintoma que fora do ciclo grávido puerperal, deve ser analisada criteriosamente. Deve ser caracterizado de acordo com os seguintes factos: uni ou bilateral, ducto único ou múltiplo, coloração ou aspecto (cristalina tipo “água de rocha”, sanguinolenta, esverdeada, serosa, colostro-símile), ou se é espontânea.

Os casos de maior importância estão relacionados com descarga papilar espontânea, unilateral, de ducto único, tipo “água de rocha” ou sanguinolenta, porque são suspeitos de doença maligna, sendo a Mamografia indicada para iniciar a investigação.

Segundo Tabar (2001), a Mamografia de diagnóstico está indicada nas seguintes situações:

- **Controlo radiológico**

A Mamografia para controlo radiológico é realizada no acompanhamento das lesões suspeitas benignas. O controlo radiológico deve ser realizado dentro de seis meses, ou anualmente, a partir dos 40 anos de idade, de acordo com o grau de suspeita de malignidade. Radiologicamente uma lesão é considerada benigna quando permanece estável num período de 3 anos. Qualquer modificação no aspecto radiológico, seja em forma, tamanho, densidade ou número (no caso de microcalcificações) em qualquer fase do controlo, representa indicação para estudo histopatológico.

- **Estudo de prótese de silicone**

Nas mulheres com próteses, a Mamografia deve ser realizada para avaliar possíveis alterações/complicações que possam surgir nas próteses de silicone.

A Mamografia não é o melhor exame para o estudo de próteses de silicone, no entanto, tem a capacidade de detectar algumas alterações nas próteses (ruptura extracapsular, herniação, contratura).

- **Mama masculina**

Apesar de menor frequência, na mama masculina também existe cancro da mama que se expressa radiologicamente com as mesmas formas que na mama feminina (microcalcificações, nódulos etc.). A ginecomastia é outra indicação de exame mamográfico, permitindo diferenciar a ginecomastia verdadeira (aumento da glândula com a presença de parênquima mamário) da ginecomastia falsa ou lipomastia (aumento da glândula por proliferação adiposa).

1.1.3.3. Mamografia de diagnóstico precoce

Considera-se uma Mamografia de diagnóstico precoce, quando o exame é pedido antes da faixa etária. Segundo Tabar (2001), as situações em que a Mamografia é solicitada com esta finalidade são as seguintes:

- **Pré-terapia de reposição hormonal (TRH)**

A paciente candidata à TRH deve realizar a Mamografia antes do início do tratamento, com a finalidade de estabelecer o padrão mamário e detectar lesões não palpáveis.

Qualquer alteração deve ser esclarecida antes de iniciar a TRH. Após início da TRH, a Mamografia é realizada anualmente (não há necessidade de realizar Mamografia semestral).

- **Pré-operatório para cirurgia plástica**

Com a finalidade de diagnosticar qualquer alteração das mamas, principalmente em pacientes a partir da 5ª década ou em pacientes que ainda não tenham realizado o exame, é obrigatório um estudo mamográfico prévio.

- **Controlo ou “Follow up” após mastectomia**

Nestes casos, a Mamografia deve ser realizada anualmente, independente da faixa etária, sendo de extrema importância o estudo comparativo entre os exames.

2. RASTREIO

2.1. Principais características

Os rastreios nas intervenções em Saúde têm como principal objectivo, disponibilizar os conhecimentos existentes sobre uma doença específica de modo a, com intervenções efectivas, levar ao seu diagnóstico precoce e tratamento eficaz (eventualmente cura) com redução das respectivas taxas de mortalidade e aumento dos anos de vida, sem incapacidade. Esta actividade preventiva, designada de prevenção secundária, pode decorrer de duas formas:

- ✓ No decorrer da actividade clínica diária e continuada do médico de família, habitualmente designada rastreio oportunista “case finding”, “opportunistic screening”

- ✓ Com uma organização específica que assegure altos níveis de qualidade, com processos de convocação/reconvocação populacionais, garantia de acessibilidade universal, monitorização dos indicadores de desempenho, vias de tratamento prioritárias e imediatas e centralização de informação. Este rastreio, designa-se por rastreio sistemático (“screening”, “mass screening”).

2.2. Directrizes Europeias para o Rastreio do Cancro da Mama

A primeira edição das directrizes da UE, para o cancro da mama foi editada em 1993. A última edição foi publicada no 1º trimestre de 2006. Com o aparecimento das directrizes, vários estados-membros implementaram planos regionais e nacionais de rastreio do cancro da mama, baseados nos padrões de qualidade e recomendações das directrizes, tendo como objectivo primordial a detecção precoce do cancro da mama, bem como uma melhor assistência no tratamento do cancro.

Os aspectos-chave e fundamentais da garantia de qualidade e melhores recomendações da prática das directrizes da UE para o rastreio do cancro da mama incluem:

- Escolha da população-alvo (mulheres assintomáticas), convidada para o rastreio
- Técnicos de Radiologia, Médicos Radiologistas devem estar disponíveis para desempenhar as suas funções;
- Devem ser formadas equipas multidisciplinares de apoio, com enfermeiros, psicólogos, entre outros;
- Devem ser realizadas avaliações de desempenho e auditorias às equipas;

- Organização de reuniões, pré-operatorias, entre os vários membros das equipas;
- Acreditação e certificação das unidades de rastreio.

O cancro da mama é uma das principais doenças e causas de morte em nível europeu. A Comissão Europeia visa contribuir para os programas de rastreio de cancro da mama de elevada qualidade, assim como proteger a população em relação a rastreios de fraca qualidade.

2.3. Rastreio no Algarve

O rastreio do cancro da mama é organizado pela Associação Oncológica do Algarve, em colaboração com a Administração Regional de Saúde do Algarve e a Universidade do Algarve. É realizado gratuitamente, através de uma convocatória às mulheres entre os 50 e 65 anos (grupo etário de maior risco), através de uma carta enviada pelo Centro de Saúde da área de residência.

A primeira fase do rastreio teve início a 19 de Setembro de 2005, no Centro de Saúde de Alcoutim, passando por todos os concelhos da região algarvia.

A Associação Oncológica do Algarve possui uma Unidade Móvel de Mamografia Digital. A dinâmica da unidade móvel de Mamografia é assegurada por 4 Técnicos de Radiologia, com um horário de funcionamento das 9:00 às 12:00 horas e das 14:00 às 17:00 horas, com uma média diária de 40 exames, sendo posteriormente interpretados por Médicos Radiologistas. Possui revelação digital com sistema de armazenamento e distribuição de imagem (*PACS – Picture Archiving and Communication System ou Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens*). Este sistema refere-se a redes de computadores que lidam com a digitalização, pós-processamento, distribuição e armazenamento de imagens médicas. A transmissão e armazenamento, na maior parte dos sistemas, é feita utilizando-se o padrão DICOM (*Digital Imaging Communications in Medicine ou Comunicação de Imagens digitais em Medicina*).

O padrão DICOM é um conjunto de normas para tratamento, armazenamento e transmissão de informação médica num formato electrónico, estruturando um protocolo.



Figura 9 - Logótipo do rastreio no Algarve (Fonte: www.observatoriodoalgarve.com)

CAPÍTULO - IV

EQUIPAMENTO E PRINCÍPIOS FÍSICOS EM MAMOGRAFIA

1. PRINCÍPIOS FÍSICOS

1.1. Descoberta de Raios X (Rx)

Em 8 de Novembro de 1895, Wilhelm C. Roentgen, professor da Universidade Wurzburg, na Alemanha, ao tentar estudar a fluorescência produzida pelos raios catódicos, resolveu cobrir o seu tubo de raios catódicos com uma caixa de papel preta, a fim de impedir a saída de luz visível. Com a sala completamente escura, ligou o tubo e aproximou do mesmo uma tela de cianeto de bário com platina. Para sua surpresa foi produzido na tela um brilho, tendo ele concluído que o brilho era criado por alguma radiação desconhecida, proveniente do tubo, a qual ele denominou de Rx (Kaplan, 2001).

1.2. Raios X

Os Rx são uma forma de radiação electromagnética (possuem um comportamento ondulatório, com campos eléctrico e magnético que variam sinusoidalmente), com comprimento de onda no intervalo de 10^{-9} m até 10^{-12} m (Lima P., 2005).

1.3. Produção de Rx

Os Rx usados para fins de diagnóstico médico são produzidos por bombardeamento de eléctrodos metálicos com feixes de electrões de elevada energia cinética, com um material alvo, que se designa por ânodo, numa ampola de Rx. As características exigidas aos Rx, para a execução das diferentes técnicas radiológicas são obtidas por variação da energia cinética dos electrões e da corrente eléctrica transportada por estes (Lima P., 2005).

A unidade de energia no sistema internacional é o Joule, no entanto quando se está na presença de Rx é frequente usar a unidade electrão-volt (eV), que corresponde à energia cinética adquirida por um electrão quando sujeito a uma diferença de potencial de 1V. Na maioria dos sistemas imagiológicos, que utilizam Rx, a diferença de potencial aplicada na ampola de Rx para acelerar os electrões varia entre 20kV e 150kV. Os electrões perdem quase toda a sua energia (aproximadamente 99%) em colisões com os átomos do material-alvo, resultando num aquecimento substancial deste material-alvo. A restante energia dos electrões (aproximadamente 1%) transforma-se em Rx ou seja, a radiação de Bremsstrahlung ou radiação de travagem (Farr, 2001).

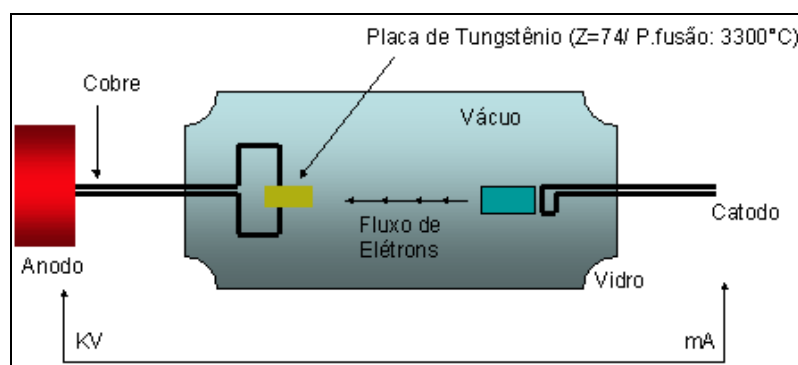


Figura 10 - Descrição de uma ampola de Rx (Fonte: Liga de neurocirurgia)

A intensidade da radiação de Bremsstrahlung é proporcional a Z^2 (sendo Z o número atómico), aumentando rapidamente com o número atómico do material-alvo, o que sugere que deva ser usado um material-alvo com Z elevado. Os Rx gerados podem ter uma energia relativamente baixa e, neste caso, o electrão possui ainda energia cinética considerável, continuando a interactuar com outros átomos no material-alvo.

Os Rx produzidos são caracterizados por um intervalo de energias. A distribuição dessas energias, ou espectro dos Rx, que corresponde à radiação de Bremsstrahlung, possui uma distribuição contínua (Lima P., 2005).

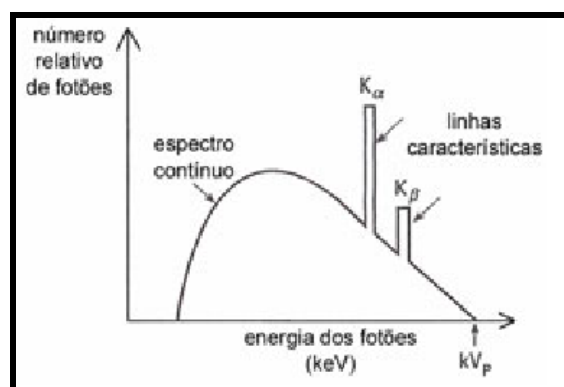


Figura 11 - Distribuição da energia emitida por uma ampola de Rx
(Fonte: Luciano Santa Rita)

De acordo com o modelo de Bohr, os electrões ocupam órbitas com níveis de energia específicos. Quando um electrão livre interage com um dos electrões das órbitas mais internas de um átomo, repelindo este electrão da sua órbita, outro electrão das órbitas mais externas irá ocupar o lugar livre da órbita mais interna, emitindo Rx durante este processo. Por outro lado, o electrão livre e o electrão que saiu do átomo irão interagir com outros átomos, diminuindo assim a sua energia cinética.

Os Rx resultantes de transições electrónicas entre órbitas atómicas são chamados Rx característicos; cada elemento na tabela periódica possui a sua própria energia de ligação para cada órbita, pelo que as energias dos Rx são uma característica de cada átomo. Segundo Lima P. (2005), no espectro dos Rx, estes Rx característicos correspondem a máximos, ou linhas características (figura 11).

Exemplos de materiais alvos, utilizados nos ânodos, são o tungsténio ($Z=74$) e o molibdénio ($Z=42$). O material-alvo usado mais frequentemente é o tungsténio, não só por possuir um ponto de fusão de aproximadamente 3400°C , mais elevado que o do molibdénio, mas também por possuir um número atómico elevado produzindo uma intensidade de Rx superior. Trocando o material-alvo para outro com menor número atómico, reduz-se a radiação de Bremsstrahlung, sendo a energia associada às linhas características, também reduzida.

Comparativamente ao Rx, a Mamografia utiliza quase exclusivamente a parte característica do espectro de Rx emitido pela ampola, e não a porção contínua. A possibilidade de utilizar baixa energia, sem ter doses elevadas é conseguida através da utilização de ânodos de metais (molibdénio ou ródio), com riscas do espectro característico próximas dos 20 KeV.

2. EQUIPAMENTO DE MAMOGRAFIA

A Mamografia é a técnica por excelência para o estudo da mama, sendo universalmente aceita e reconhecido o crescente valor desta, na detecção precoce do cancro da mama.

A Mamografia utilizando filme/ecrã é a técnica mais utilizada e eficaz, para triagem e também para diagnóstico, do cancro da mama. A tecnologia permitiu uma diminuição drástica na dose efectiva de Rx para as pacientes, baixando a relação risco/benefício. É de custo aceitável e pode ser realizada de uma maneira sistematizada nos rastreios (Lima P., 2005). Segundo o mesmo autor, em Mamografia, deve utilizar-se ao máximo a informação que resulta da libertação de uma pequena quantidade de energia num tecido, em geral bastante homogêneo, em termos de número atómico e densidade médios.

2.1. O Equipamento – Mamógrafo

O equipamento utilizado em Mamografia não é o mesmo que o utilizado pelos sistemas de Rx convencionais. Estes equipamentos são desenhados de modo a permitir uma certa flexibilidade na colocação do posicionamento do paciente, a fim de permitir o melhor diagnóstico (Bushong, 2001). Deve ser operado com potência constante ou trifásica, onde o feixe de Rx tem maior poder de penetração. Geralmente a tensão utilizada em Mamografia varia de 25 a 50kVp (entre 28 e 32 kVp para a maioria dos exames), valor que depende da espessura da mama, que depois de comprimida, fica entre 3 e 8 cm.

2.2. Elementos constituintes de um mamógrafo

2.2.1 – Gerador

Os mamógrafos são alimentados por geradores de alta tensão (kV) e estão sujeitos a uma corrente aplicada (mAs). Actualmente, os mamógrafos produzem corrente trifásica de baixa quilovoltagem que permite um aumento da capacidade do tubo, resultando num tempo de exposição curto, reduzindo possíveis artefactos de movimentos dos pacientes (Kopans, 2000).

2.2.2. – Braço (gantry)

Este equipamento permite realizar três tipos de movimentos: o movimento vertical que se ajusta à altura do paciente, o movimento circular, o qual permite a realização das diversas incidências oblíquas e perfis e por último, o *tilt* que se define como sendo o movimento que permite uma melhor cobertura às mamas de tamanho reduzido.



Figura 12 - Mamógrafo Mammomat 2002 (Fonte: www.Siemens.com)

2.2.3. – Ampola de Rx

As ampolas encontram-se envolvidas por um suporte metálico, incorporadas por um ânodo rotativo; composto essencialmente por molibdénio. As ampolas permitem utilizar dois focos: o foco fino (0,3mm) para a técnica padrão e um foco ultra-fino (0,1 a 0,15mm) para exames com técnica ampliada.

Na janela de saída da ampola, existem filtros adicionais constituídos por 0,3mm de molibdénio e/ou alumínio, que tornam possível a obtenção de uma radiação quase monoenergética, adequada ao estudo da mama (Kopans, 2000).

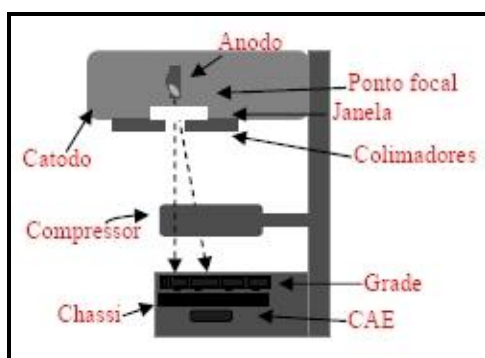


Figura 13 - Representação esquemática do equipamento de Mamografia

(Fonte: Douglas Ianelli)

2.2.3.1. – Ponto Focal e Filtragem

O ponto focal é a área do ânodo que é atingida por electrões que foram libertados pelo cátodo, e a partir da qual são emitidos os fotões que constituem o feixe de Rx (Kopans, 2000). Quanto menor for o tamanho do ponto focal, mais nítida e maior definição terá a imagem.

A escolha do material adequado para o ânodo, a filtração do feixe e a quilovoltagem, são factores que controlam a qualidade da radiação e são importantes para conseguir o alto contraste necessário para a Mamografia. O material do ânodo determina o espectro de Rx, logo o contraste da imagem e a dose na mama (Lima, P., 2005).

O contraste é extremamente importante, particularmente na Mamografia Analógica, porque a baixa gama de densidades de tecidos mamários, e a pequena diferença de densidades entre as estruturas normais e patológicas, têm de produzir diferenças observáveis no contraste mamográfico. Também é necessário detectar pequenos detalhes, como as microcalcificações e as características das margens das lesões nodulares. No entanto, a radiação na mama tem de se manter em doses aceitavelmente baixas (Lima, P., 2005).

Uma característica particular do mamógrafo é a utilização do alvo de molibdénio e muito recentemente de ródio. O feixe produzido tem um espectro aproximado ao de um feixe monoenergético, o que é importante neste tipo de radiografias, devido ao tipo de tecidos que constituem a estrutura em estudo. Os ânodos de molibdénio associados a filtros de molibdénio (*Mo-Mo*) conseguem, na maioria das mamas, alto contraste (Lima, P., 2005)

Nos tubos de Rx para Mamografia existem outras possibilidades conjugando várias combinações ânodo/filtro, de forma a obter melhor qualidade de imagem, em função do tipo de mama de cada paciente. As combinações mais usuais são molibdénio/molibdénio (*Mo-Mo*), para mamas adiposas; ródio/ródio (*Rh-Rh*), para mamas muito densas ou volumosas; molibdénio/ródio (*Mo-Rh*), para mamas densas, difíceis de penetrar, permitindo uma ligeira diminuição de dose com contraste igual ou superior, ao obtido com a combinação Mo-Mo, e por último a combinação ródio/alumínio (*Rh-Al*), para mamas muito densas ou volumosas e/ou após radioterapia (Lima, P., 2005).

2.2.4. – Filtros, Diafragma e Localizadores

Os filtros normalmente utilizados neste tipo de equipamento são de molibdénio, com cerca de 0,03mm, que têm por função impedir que os fotões do feixe de baixa energia, que nada contribuem para o diagnóstico, deterioremem a formação da imagem e atinjam a paciente, somando-se à dose de radiação recebida (Lima, P., 2005).

O campo coberto pelo feixe de Rx deve corresponder à superfície do filme e do campo luminoso. A não coincidência pode originar um aumento da imprecisão geométrica ou a amputação do volume mamário a estudar.

2.2.5. Sistema de Compressão

Este sistema é constituído por um compartimento de compressão, que executa um movimento paralelo à superfície do porta-chassis, que se localiza entre este e a ampola. Tem como função comprimir a mama por meio de uma placa de material transparente, designado por compressor, até obter a menor espessura possível. É responsável por melhorar a resolução, a localizar as estruturas da mama mais próximas do filme e a evitar a movimentação da mama, conseguindo, assim uma menor dose de radiação.

Este facto, diminui a espessura da mama, separando estruturas sobrepostas e ajudando na diferenciação entre massas sólidas e quísticas. A mobilidade do compressor é assegurada por um sistema pneumático e controlada através de um pedal ou manualmente.



Figura 14 - Tipos de compressores

A intensidade da compressão é regulável e previamente ajustável para um nível médio de densidade e de espessura mamária. Normalmente, após a exposição, o sistema descomprime a mama.

Cada equipamento possui diversos tamanhos de compressores, que são seleccionados segundo as dimensões da mama (figura 14).

A compressão deve ser realizada progressivamente, de modo a garantir confiança e colaboração por parte da paciente. Esta compressão poderá ser um pouco dolorosa, mas é essencial para a aquisição de imagens de qualidade, trazendo consequentemente vantagens (tabela 4). A força máxima aplicada automaticamente deve estar dentro dos limites de 130 a 200 Newton (13 a 20 Kg), segundo o decreto de lei nº180/2002 de 8/8 (fonte: Diário da República decreto de lei nº180/2002 de 8/8)

IMPORTÂNCIA DA COMPRESSÃO MAMARIA	
Efeitos	Resultados
▪ Imobilização da mama	▪ Reduz o movimento por parte da paciente
▪ Tecido com menor espessura	▪ Separa os tecidos sobrepostos
▪ Espessura uniforme	▪ Igual densidade óptica no mamograma
▪ Redução da radiação dispersa	▪ Melhora a resolução de contraste
▪ Tecidos mais finos	▪ Reduz a dose de radiação

Tabela 4 - Efeitos e Resultados da compressão durante o exame de Mamografia

(Fonte: Bushong)

2.2.6. – Controlo de Exposimetria Automática (CAE)

O CAE localiza-se por baixo do porta-chassis, onde controla a atribuição de mAs, em função da espessura e da densidade da mama em estudo. Permite ajustar automaticamente a exposição, controlando a densidade do filme independentemente da densidade da mama. É importante a sua colocação durante a exposição e deve ser adaptado a cada mama. Se o sensor não estiver coberto pela mama é activado demasiado cedo, e o filme fica pouco penetrado.

O mamógrafo deve ter pelo menos três posições para este sensor, que deverá ser colocado o mais perto possível da parede torácica nas mamas pequenas e mais longe nas mamas maiores. Estes dispositivos permitem reduzir o tempo de exposição e a dose, com diminuição da necessidade de repetições.

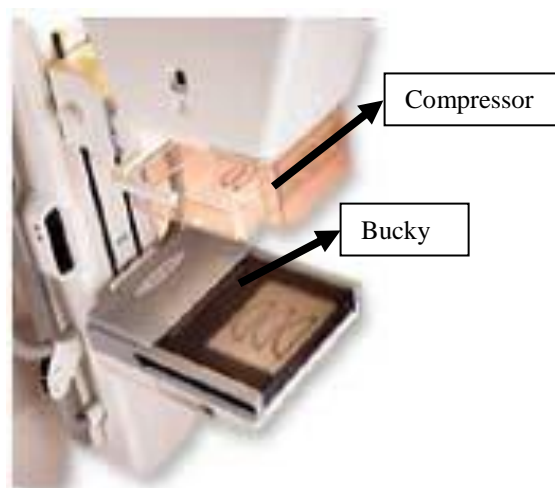


Figura 15 - Posições de exposimetria automática

2.2.6.1. Tempo de exposição e Kilovtagem

Actualmente, os mamógrafos permitem ao Técnico de Radiologia, realizar exames com 3 modos de operação:

- a) Automático (*AOP – optimização automática de parâmetros*), em que o aparelho selecciona os kV de acordo com a espessura da mama comprimida, dando os mAs adequados. Dependendo do tipo de mama, este sistema permite a eleição de um dos seguintes modos:

- STD (*modo Standard*), em que selecciona os kV e os mAs, com o compromisso entre contraste e dose.
 - CNT (*modo contraste*), em que se utiliza quando a prioridade é o contraste, pelo que se selecciona baixos valores de kV, o que condiciona maior tempo de exposição e maior dose. Este modo é útil em mamas adiposas.
 - DOSE (*modo dose*), em que se utiliza quando a prioridade é obter uma diminuição da dose de radiação. Neste caso, o sistema selecciona elevados kV, resultando em menor dose e maior penetração do tecido mamário. Este modo é útil em mamas muito densas e imagens de controlo (ex: colocação de um arpão)
- b) Semi-automático, em que o operador selecciona os kV de acordo com a espessura da mama a comprimir, onde o aparelho calcula os mAs.
- c) Manual, onde o operador selecciona os kV e mAs.

2.2.7. – Potter com Grelha anti-difusora

Mesmo com as baixas energias usadas em Mamografia, a quantidade de radiação difusa que interage com o tecido mamário é importante e é registada pelo receptor reduzindo o contraste final da imagem. As grelhas melhoram a qualidade da imagem em praticamente todas as doentes, mas são particularmente úteis nas mamas mais densas e mais volumosas (Bushong, 2001).

O Potter é constituído pela grelha anti-difusora móvel, que proporciona a obtenção de imagens de alta definição, uma vez que absorve a maioria da radiação difusa. As grelhas são um dos elementos essenciais dos mamógrafos modernos. A maioria dos sistemas tem grelhas móveis, mais adequadas para Mamografia. São geralmente grelhas lineares focadas, compostas por tiras de chumbo separadas por material radiotransparente, como a fibra de carbono (Lima, P., 2005).

Actualmente, existem sistemas que utilizam grelhas com uma arquitectura diferente da habitual. Para além das linhas possuem colunas perpendiculares, que conseguem uma elevada eliminação da radiação difusa e conseqüentemente melhor contraste. Estas grelhas são acopladas a um motor, que tem a capacidade de, com um movimento rápido apagar por completo o desenho da grelha na imagem final (Lima, P., 2005). Actualmente, são utilizadas grelhas focalizadas, com razão 3:1 a 5:1 (factor grelha), para melhorar o contraste. Na realidade, o uso de uma grelha de 5:1 melhora o contraste, mas também aumenta a dose de radiação. No entanto, esta dose não é tão elevada, em comparação com a que a paciente recebe na utilização de ecrãs sem grelha. Não obstante, a dose é aceitavelmente baixa e a melhoria dos detalhes da imagem é significativa (Pascoal, A., 2008).

Apesar da elevada quilovoltagem que a grelha requer, o contraste na imagem final é superior, graças à grande redução da difusão que elas permitem. O contraste do filme é expresso em termos de gradiente do filme, que se define como o declive da curva característica desse filme. O gradiente determina como diferentes intensidades dos Rx são registados com diferentes densidades ópticas na mamografia. Normalmente, escolhem-se filmes com elevado gradiente. A dose de radiação absorvida pode eventualmente ser aumentada devido à utilização de combinações filme/ecrã lentos, para reduzir o ruído ou o grão do filme (Lima, P., 2005).

2.2.8. – Sistema para Macrorradiografia

Este sistema tem como função aumentar a distância objecto-filme (*DOF*), e não precisa de grelha anti-difusora, uma vez que o ar existente entre a mama e o filme faz dissipar a radiação dispersa (*air gap*).

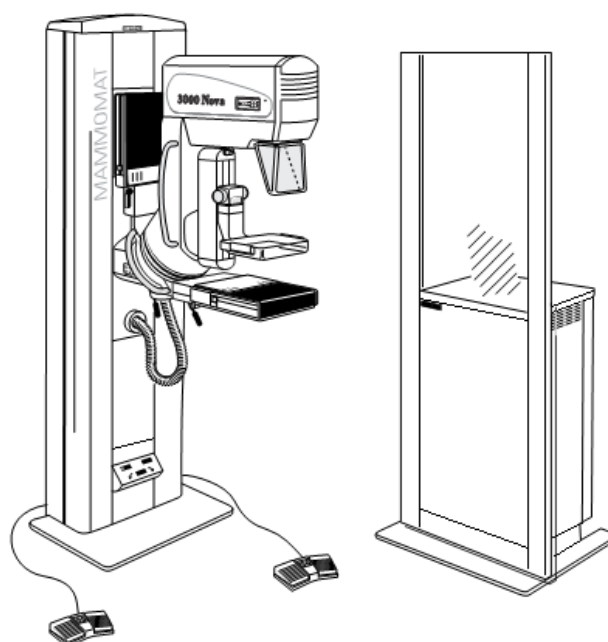
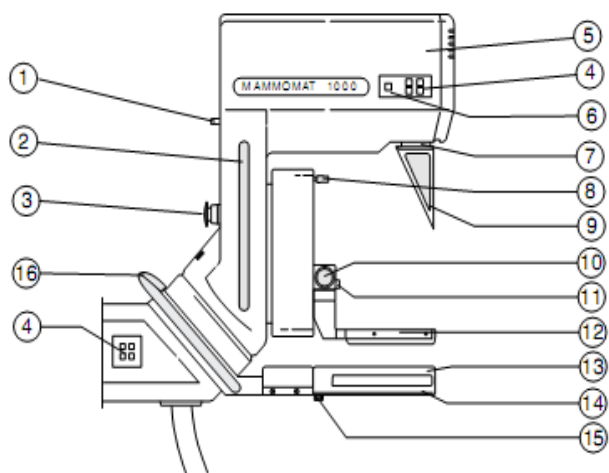


Figura 16 - Equipamento de Mamografia, Mammomat 3000 Nova (Fonte: Siemens)

- 1 – Pré-selecção do ângulo da coluna de Rx
- 2 – Mesa
- 3 – Manípulo para apoio da paciente
- 4 - Paragem de emergência
- 5 – Alavanca para soltar a mesa



- 6 – Braço da mesa
- 7 – Manípulo para apoio da paciente
- 8 – Ajuste da altura e do ângulo do tubo
- 9 – Manípulo de esterotaxia
- 10 – Manípulo para rodar as mesas
- 11 – Ampola de Rx e Colimador
- 12 – Luz
- 13 – Suporte para o protector da face
- 14 – Pré-selecção da compressão máxima
- 15 – Protector da face
- 16 – Compressão manual
- 17 - Liberta a placa de compressão
- 18 – Placa de compressão
- 19 – Suporte da mesa
- 20 – Seleção do AEC

Figura 17 - Coluna de Rx do equipamento de Mamografia (Fonte: Siemens)

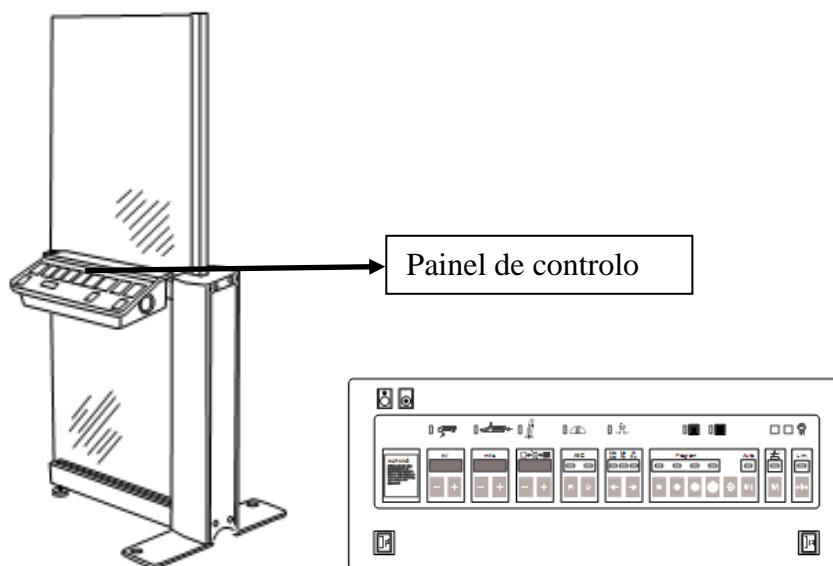


Figura 18 – Painel de controlo (Fonte: Siemens)

CAPÍTULO V

MAMOGRAFIA DIGITAL

1. Evolução da Mamografia Digital

Um dos avanços recentes da Mamografia, com aprovação do órgão norte-americano Food and Drug Administration (*FDA*) em Janeiro de 2000, é a Mamografia Digital de campo total, a qual substituiu o sistema convencional de ecran-película por um detector digital, o qual regista os Rx, como sinais eléctricos e transforma-os em dados digitais (U.S. Food and Drug Administration)

A importância da Mamografia Digital cresceu paralelamente ao interesse em imagens digitais de outros sistemas orgânicos. A tecnologia digital foi inicialmente utilizada em procedimentos intervencionistas guiados por Mamografia, usando detectores com pequeno campo de visão (*field of view* - *FOV*). Este desenvolvimento levou algum tempo a desenvolver, pelo facto de existir necessidade de uma maior resolução espacial nas imagens mamográficas em relação a outros estudos radiológicos, além da necessidade de um incremento na eficiência da detecção e representação dos fotões de Rx (Suryanarayanam S, 2002; Obenauer S, 2002).

Novas tentativas surgiram, com a utilização de digitalizadores de fósforo. Porém esta técnica não se estabeleceu devido à limitada eficiência quântica do detector (*DQE*) e à baixa resolução espacial (Kheddache S, 1999).

Para aumentar a resolução espacial foi investigada uma combinação técnica de ampliação directa com um microfoco e placas de fósforo para armazenagem (Funke M., 1998). Os resultados foram positivos e a ampliação mamográfica com esta técnica mostrou-se superior à ampliação mamográfica convencional, na detecção de microcalcificações (Funke M., 1998). O novo desenvolvimento desta combinação ocorreu no final dos anos 90. Sistemas digitalizados, designados por sistemas CR (*Computed Radiography*), estão actualmente disponíveis, enquanto outros sistemas digitais de campo total, de aquisição directa, estão em desenvolvimento para superar as limitações dos primeiros equipamentos digitais.

O primeiro sistema digital a obter aprovação do órgão controlador norte-americano FDA, em Janeiro de 2000, foi o sistema de mamografia digital de campo total com detector de iodeto de Césio GE Senographe 2000D.

Existem diversos sistemas que estão a ser submetidos a testes clínicos, em que cada um deles é baseado numa tecnologia diferente. As características desses sistemas variam: a resolução espacial oscila entre 41 e 100 μm por pixel, e a resolução de contraste das imagens varia entre 10 e 14 bits por pixel (Pisano ED, 2005).

1.1. Mamografia Digital vs Mamografia analógica

Muitos dos benefícios da Mamografia digital percebidos pelos primeiros a utilizarem o método não foram relatados na literatura discutida previamente. Isto inclui tantas vantagens operacionais como vantagens reais no diagnóstico. Embora não sejam facilmente mensuráveis, esses benefícios deverão causar impactos positivos para as pacientes e para os Médicos.

Convencionalmente, é utilizado o sistema filme/ecrã (figura 19) com a imagem a ser visualizada na película através de reacções com agentes químicos. A visualização do exame é realizada com a colocação da película no negatoscópio que, normalmente, apresenta acoplado uma lupa (Evans, 2007). No entanto, pode existir perda de contraste na imagem, influenciada por diversos factores, nomeadamente energia do feixe, combinação ecrã/filme, processamento do filme, condições de visualização, e pelo facto de ser uma imagem estática.

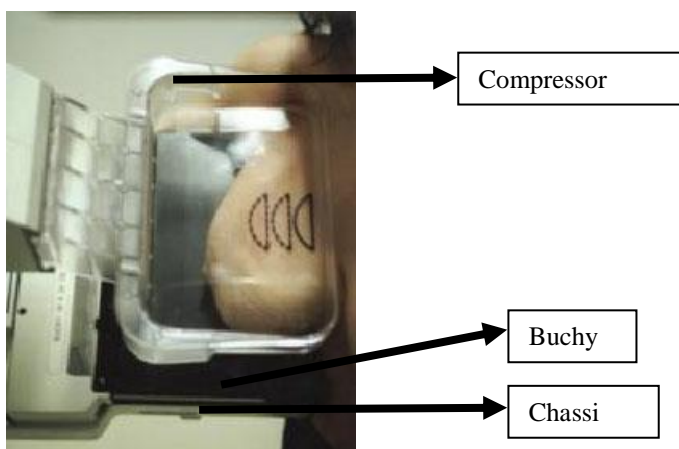


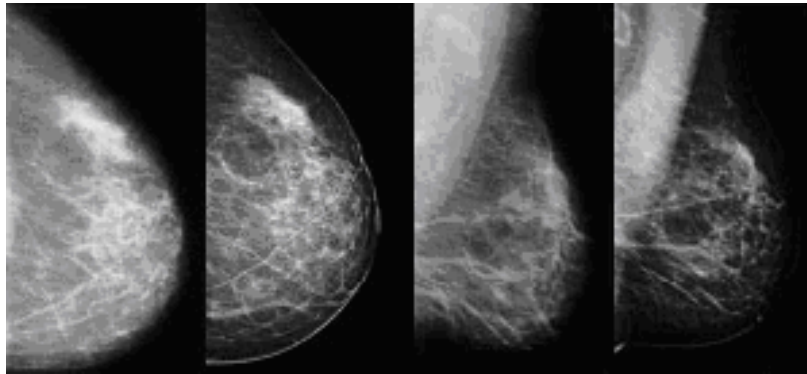
Figura 19 – Mamografia Analógica: Sistema filme/ecrã

Este sistema, tem como desvantagem a perda de qualidade da imagem, que pode ocorrer por falhas no processamento das imagens, contaminação dos químicos, ou por problemas relacionados com a limpeza das câmaras escuras e dos ecrãs intensificadores, com conseqüente repetição de exames (Freitas, 2006).

Mantendo o princípio geral da obtenção da imagem por meio do feixe de Rx, a Mamografia Digital altera substancialmente os elementos restantes da Mamografia Convencional. A principal diferença consiste na substituição do sistema filme/ecrã por um detector digital (figura 20). Este actua directamente no controlo dos parâmetros radiográficos, proporcionado rapidez, simplicidade e qualidade, representando um elevado avanço em relação à Mamografia analógica (figura 21).



Figura 20 - Mamografia Digital: Detector



Analógica Digital Analógica Digital

Figura 21 - Ampliação de escala de cinzentos, evidenciando uma melhor visibilidade na mamografia digital da presença de nódulo com densidade radiotransparente localizado na junção dos quadrantes laterais da mama esquerda, em relação à mamografia analógica

Todas estas características tornam o detector digital mais eficiente na absorção dos Rx do que o receptor convencional, mais eficaz do que o sistema filme/ecrã na conversão dos Rx absorvidos em luz e, conseqüentemente, produzindo imagem com menor ruído, do que o sistema analógico.

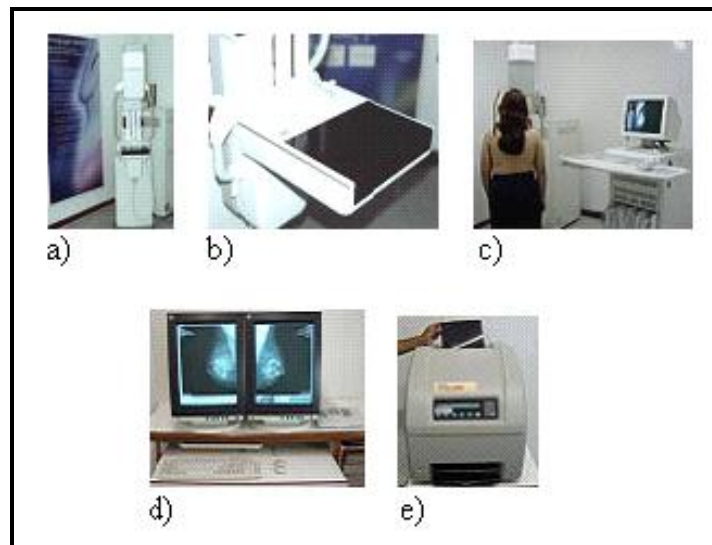


Figura 22 - Etapas da Mamografia Digital

- a) Tubo de Rx (Rh/Mo); b) Detector digital; c) Estação de aquisição; d) Estação de revisão; e) Impressora a laser (Dry view)

Alguns dos fundamentos não sofrem modificações de um sistema para o outro, como o posicionamento da paciente, a compressão da mama e a exposição à radiação. A imagem obtida no monitor da estação de aquisição é disponibilizada 10 segundos após a sua exposição, o que permite a visualização imediata da qualidade, do posicionamento, tornando desnecessário que a paciente espere pelo processamento e retorne à sala de exame para repetir alguma incidência de fraca qualidade (figura 22).

Este sistema permite uma redução no tempo de realização do exame, sendo a paciente automaticamente dispensada pelo Técnico de Radiologia.

As imagens geradas na estação de aquisição são transferidas electronicamente para a estação de revisão, que é constituída por dois monitores de alta resolução, com teclado específico, permitindo revisão personalizada de cada exame, uso de algoritmo para compensação da espessura da mama, ajustes de contraste e brilho, inversão negativo/positivo, utilização de lente electrónica de aumento, anotações, gráficos e medidas, que posteriormente são analisadas pelo Médico Radiologista. Em seguida, as imagens podem ser impressas numa impressora a laser ou electronicamente transferidas para um arquivo no computador do próprio serviço, gravadas em CD-ROM, enviadas via Internet ou Intranet (figura 22). Actualmente, em Portugal as imagens ainda não podem ser transmitidas electronicamente entre as instituições devido à incompatibilidade entre os sistemas e por motivos de segurança na rede, além do facto das imagens de Mamografia Digital conterem muita informação ocupando cerca de 30 mega bytes (*MB*) por imagem, e requerendo alta velocidade de transmissão.

Como a imagem não é captada em filme, a processadora e os químicos são eliminados, diminuindo desta forma, os artefactos da imagem e o custo operacional (Pisano ED et al 2005). Em 2004, foi introduzido, nos equipamentos digitais, um software chamado Premium View, que consiste num sistema de controlo automatizado de qualidade, que promove ajuste automático do brilho e contraste da imagem, de acordo com a espessura, densidade e composição mamária, o que permite melhor identificação de lesões (Pisano ED et al, 2005).

1.2. Vantagens da Mamografia Digital

O processamento da imagem digital possibilita a visualização detalhada da mama em toda a sua extensão, desde a linha da pele até à parede torácica, minimizando perda de contraste e definição (figura 23). Este fenómeno, é designado por equalização dos tecidos.

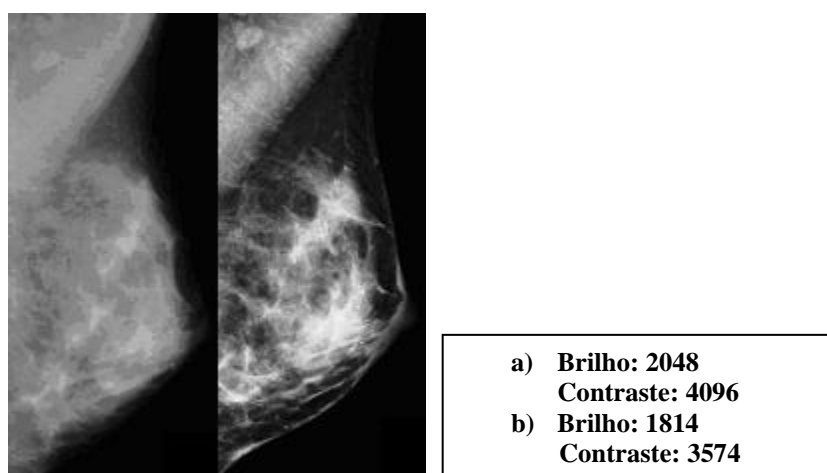


Figura 23 - Imagens digitais

a) Imagem original, sem processamento; b) imagem processada

Em virtude da ampla extensão dinâmica do contraste, a Mamografia Digital é ideal para imagens de implantes. Uma única exposição pode ser realizada para mostrar detalhes do implante propriamente dito ou, pelo ajuste dos parâmetros de janela da imagem, otimizar a visualização tecido mamário adjacente (figura 23).

Pela mesma razão, a Mamografia Digital é também ideal para imagens da pele e dos tecidos imediatamente adjacentes à pele. Estes tecidos são tipicamente enegrecidos num filme de Mamografia convencional bem exposto, necessitando de luz amarela especial para recuperar parcialmente as informações dessa mesma região.

O processamento da imagem permite que a pele e os tecidos adjacentes sejam avaliados, apenas modificando os parâmetros de janela da imagem (figura 24). Embora a pele usualmente não tenha importância, existem doenças em que ela pode ser densa, (figura 25). Incidências tangenciais podem ser realizadas na tentativa de verificar a natureza cutânea de algumas microcalcificações indeterminadas, provando que elas são benignas.

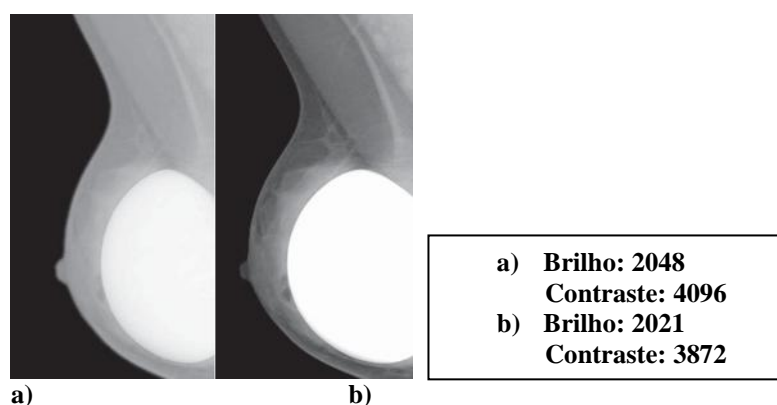
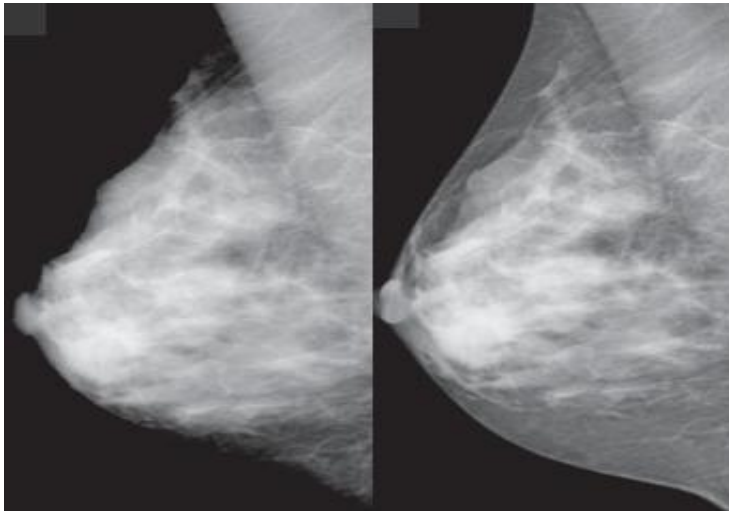


Figura 24 - Imagens digitais, que demonstram a variabilidade de parâmetro de ajuste de contraste e brilho, numa única exposição

- a) **Visualização do implante mamário;**
- b) **Visualização do tecido mamário adjacente**



a) Imagem digital não processada b) Imagem digital processada

Figura 25 – Imagens digitais

a) Não se visualiza a linha da pele e o tecido mamário denso, após a equalização dos tecidos por meio de ajustes de janela da imagem

b) Todo o tecido mamário é visível, inclusive próximo da linha da pele

A Mamografia Digital possui como vantagens (tabela 5): maior resolução de contraste; menor dose de radiação devido à diminuição das repetições e de incidências adicionais, e maior eficácia na absorção dos Rx. A imagem digital é passível de ser manipulada, facilitando o diagnóstico. Contudo possui as desvantagens de inicialmente ser mais dispendiosa, possuir uma resolução espacial, que é contornada pelo uso da ampliação geométrica digital, que aumenta a imagem projectada das calcificações acima do menor limite da resolução espacial do sistema digital (figura 26), assim como as microcalcificações serem dificilmente detectadas na Mamografia Digital, uma vez que perdem nitidez do contorno devido à pixelização da digitalização, podendo assim perder sensibilidade. Em Mamografia Convencional a resolução espacial consegue distinguir estruturas aproximadamente sete vezes e meia mais pequenas, que a Mamografia Digital por ecrãs, ou seja, a Mamografia por ecrãs possui 10 pl/mm e a convencional 20 pl/mm.

Paralelamente desenvolveu-se a estereotaxia digital, para localizações precisas de pequenas lesões (Evans, 2007).

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Melhor aquisição da imagem, quase em tempo real (10s após a exposição) • Armazenamento das imagens • Registo das imagens • Eliminação das câmaras escuras, químicos, cassetes e filmes • Detectores digitais melhoram a detecção do cancro por maior eficácia na absorção dos fotões de RX • Permite a manipulação da imagem por meio de inversão • Permite a manipulação das imagens ajustando o contraste • O efeito de radiação difusa é menos significativo • Reduz as repetições por deficiente penetração, uma vez que a imagem pode ser ajustada • Zoom e lente electrónica • Armazenamento electrónico das imagens 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado • Resolução espacial inferior à mamografia analógica • Díficil detecção de microcalcificações

Tabela 5 - Vantagens versus Desvantagens da Mamografia Digital

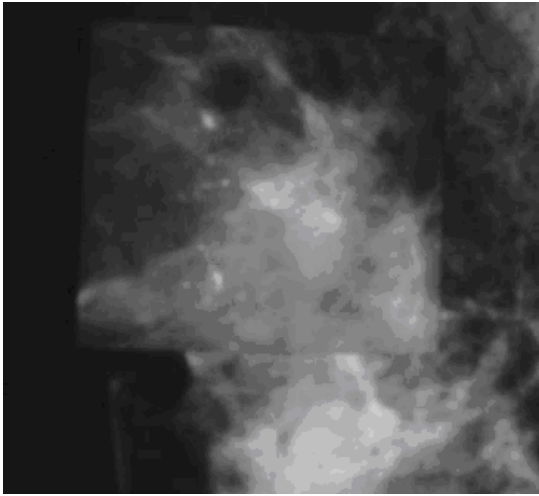


Figura 28 – Imagem digital ampliada (0,69x)

a) Incidência Obliqua Dta ampliada com utilização da lente electrónica, permitindo visualizar as microcalcificações presentes

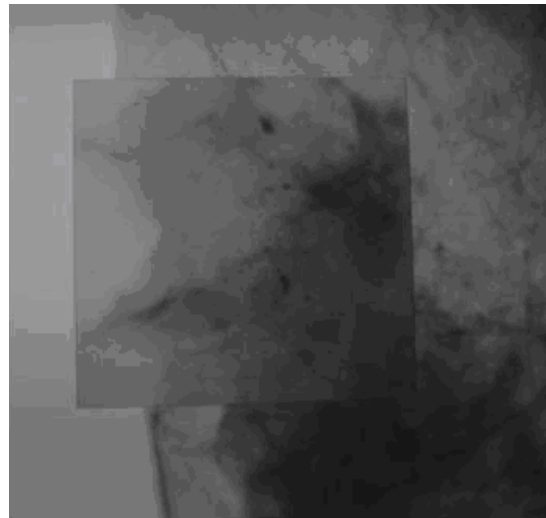


Figura 29 – Imagem digital ampliada invertida (0,69x)

b) Incidência Oblíqua Dta ampliada/invertida com utilização da lente electrónica, permitindo visualizar as microcalcificações presentes

1.2. Técnicas Alternativas

Além das diversas vantagens, a Mamografia Digital em campo total abre um leque de novas perspectivas para o futuro. A tecnologia digital continua a evoluir e, no futuro, existe a possibilidade de utilização de contraste, que, à semelhança da Ressonância Magnética, impregna lesões tumorais devido à neoangiogênese.

Outra aplicação da Mamografia Digital é a **Detecção Auxiliada por Computador (CAD)**. Os programas de CAD foram elaborados para serem aplicados como um auxílio de análise às imagens, permitindo ao sistema computacional assinalar as áreas que correspondem aos padrões previamente definidos (figura 30). Seguidamente, o médico radiologista analisa o exame, visualizando atentamente toda a extensão da mama, não deixando de analisar atentamente todos os quadrantes. *A posteriori*, o médico analisa novamente as regiões assinaladas pelo computador e toma a decisão sobre a semiologia patológica de cada região assinalada (Baum F et al, 2002).

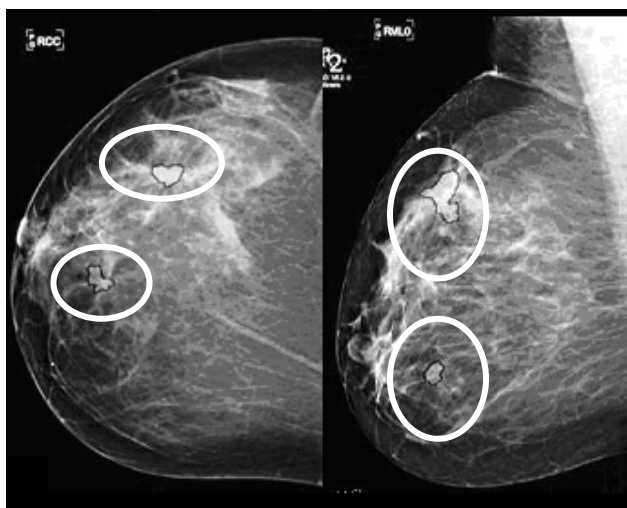


Figura 30 - Imagens mamográficas digitais com CAD

(Fonte: www.imagingeconomics.com)

No entanto, este sistema apresenta desvantagens, sendo uma das principais a questão dos falsos positivos, que são “fruto” do computador. Como exemplo, destaca-se a sinalização de muitas áreas como possíveis lesões malignas, dificultando a sua implementação na prática clínica pelo consumo de tempo associada aos mesmos. Outra desvantagem é a detecção de microcalcificações quando estas se encontram associadas a uma lesão hiperdensa, assim como a dificuldade de aceitação pelos clínicos devido à falta de especificidade. Por outro lado, os avanços nas ferramentas disponibilizadas pelos sistemas CAD; permitem a adaptação dos mesmos a cada metodologia particular dos clínicos, demonstrando, por parte dos fabricantes que desenvolvem tais sistemas, uma preocupação acrescida em encontrar um equilíbrio adequado entre a sensibilidade e especificidade (Pires, 2006).

A **Tomossíntese Digital** consiste numa técnica de imagem que adquire múltiplas imagens na mama, obtidas de diferentes angulações do tubo de Rx, enquanto a mama permanece em posição constante. De acordo com publicações recentes, a irradiação da mama é feita de tal forma que a dose de radiação resultante é igual às duas projecções obtidas para rastreamento em uma mesma mama (Schulz-Wendtland R. et al, 2009). Com a utilização de diferentes algoritmos de reconstrução, a mama pode ser visualizada em múltiplos planos em várias profundidades paralelas à superfície do detector, o que pode reduzir o impacto de superposição do tecido. Além disso, pode haver reconstrução de imagens tridimensionais (Schulz-Wendtland R. et al, 2009).

Este facto, melhora a capacidade de detectar tumores que actualmente não são detectáveis pelo efeito de sobreposição do parênquima adjacente. Esta técnica possui como desvantagens, o número elevado de imagens produzidas, bem como o tempo consumido por parte da equipa técnica.

O processo de reconstrução da tomossintese da mama consiste no cálculo das imagens de alta_resolução dos planos paralelos ao suporte da mama. As imagens são reconstruídas com uma distância de separação entre cortes de 1mm, assim 5 cm de mama comprimida terá 50 cortes reconstruídos (figura 31). Um tempo de reconstrução pequeno é essencial, especialmente quando a tomossintese começa a ser considerada importante para estudos de intervenção, daí a importância manter o processamento após a aquisição a 10 segundos ou menos.

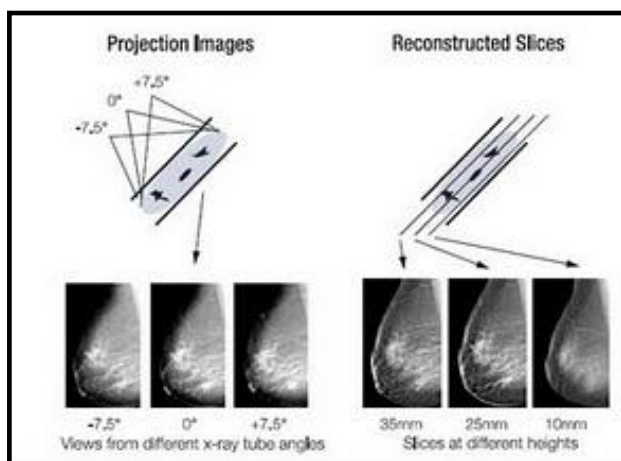


Figura 31 – Processo de reconstrução da tomossintese da mama

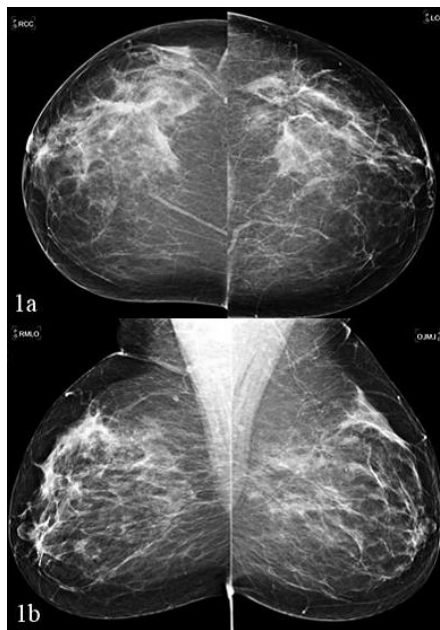


Figura 32 - Mamografia Digital, em incidência crânio-caudal dta e esq. (1a), com visualização de uma área de assimetria na mama dta., e em incidência oblíqua (1b), com visualização de uma área de assimetria na parte superior da mama dta. (Fonte: Pics Digger)

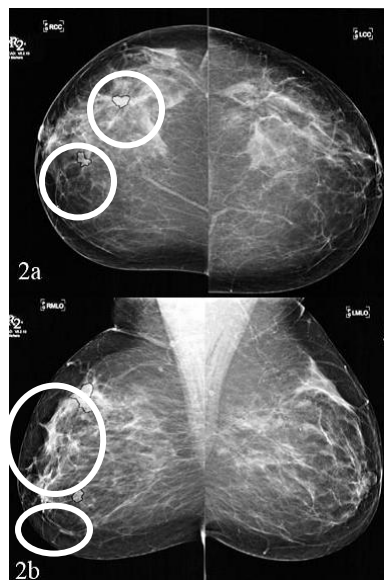


Figura 33 - Mamografias digitais com CAD nas Incidências Crânio-caudal (2a) e Oblíqua (2b). Visualização de marcação (marcação superior, em cada mama) a identificar a área de assimetria e uma falsa marcação no inferior de cada mama, em cada imagem.

(Fonte: Pics Digger)

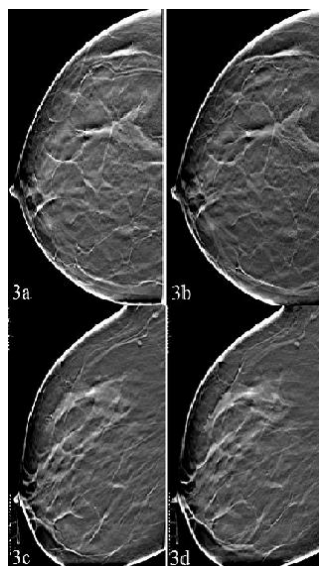


Figura 34 - Imagens de Tomossintese Mamária em dois níveis diferentes: Crânio-caudal (3a e 3b) e Oblíqua (3c e 3d). Projecções de área focal de assimetria visualizadas na mamografia digital (figuras 32 e 33), agora claramente visualizadas como uma massa com distorção arquitectural. (Fonte: Pics Digger)

A **Tomografia por Emissão de Positrões (PET)** aplicada à Mamografia; consiste na injeção de glicose, munida de um átomo de flúor, na mama (*¹⁸FDG*). A glicose fixa-se metabolicamente nas células cancerígenas e o átomo de flúor, como é radioactivo, emite partículas detectáveis a partir do exterior. Desta forma, é possível verificar a existência de um tumor maligno, bem como localizar o seu ponto de emissão de fotões (Kavita, M. et al, 2000).

O desenvolvimento de sistemas dedicados com elevada sensibilidade de detecção e resolução espacial representam uma importante contribuição para um diagnóstico precoce e eficiência na fase de tratamento da doença (Albuquerque, E. et al, 2004; Matela, N. et al, 2004).

A **Mamografia por Emissão de Positrões (Clear-PEM)** é um sistema de imagem PET que associa cristais de cintilação com elevada densidade a fotodetectores compactos, em modo de dupla leitura, permitindo uma medida da coordenada de interacção dos fótons nos cristais com uma elevada resolução (Lecoq, P. et al, 2002; Trindade, A. et al, 2003). Produz imagens metabólicas com alta resolução espacial da mama, com doses baixas de FDG. Este equipamento é aplicado a um sistema espacial de ampliação num mamógrafo clássico, que permite a rotação de todo o sistema, realizando incidências oblíquas sempre que necessário. A mama é colocada no sistema como para a realização de uma Mamografia, mas com o uso de pouca compressão (figura 35). Observa-se uma captação cerca de oito vezes superior pelo tumor relativamente ao tecido mamário normal (Matela, N., 2004).

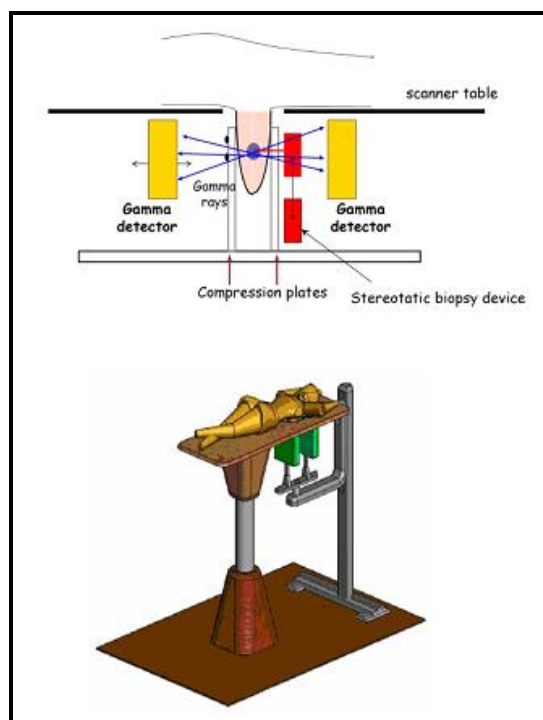


Figura 35 - Imagem esquemática do funcionamento da Técnica Clear-PEM.
(Fonte: Clear-PEM Project)

O tempo de obtenção da imagem é de cerca de 5 minutos, muito inferior ao da PET de corpo inteiro, que é de aproximadamente 1 hora, sendo também a dose do radiofármaco cerca de 5 vezes superior na PET. O PEM pode ser uma modalidade de imagem complementar à Mamografia por Rx, mas futuras investigações são necessárias (Albuquerque, E. et al, 2004). No entanto, possui como limitação, a elevada exposição do paciente a uma determinada dose de radiação ionizante, acesso limitado aos equipamentos e elevado custo por exame.

Outra aplicação avançada da Mamografia Digital é a **Tele-Mamografia**, que permite a possibilidade de criação de um centro de especialistas, que podem receber imagens de vários serviços para avaliação, o que possibilita o tele-diagnóstico, e a discussão inter pares (figura 36). No entanto, a tele-medicina ainda é onerosa pelo custo das linhas de fibra óptica, dado que a Mamografia é um exame com muita informação, o que consome muito tempo e comporta a exigência de uma linha dedicada à Mamografia.



Figura 36 - Monitor de estação de trabalho de Mamografia Digital GE Medical Systems.
(Fonte: GE Medical Systems)

CAPÍTULO VI

CONTROLO DE QUALIDADE EM MAMOGRAFIA

1. Controlo de Qualidade

O sucesso do diagnóstico na Radiologia depende da produção de imagens de alta qualidade. A Mamografia tem como objectivo, produzir imagens detalhadas com alta resolução espacial da estrutura interna da mama a fim de possibilitar bons resultados diagnósticos. A diferença radiográfica entre o tecido normal e o tecido doente é extremamente ténue; portanto, a alta qualidade do exame é indispensável para alcançar uma resolução de alto contraste que permita essa diferenciação. Cada componente na formação sequencial da imagem é indispensável para o seu sucesso, desde o posicionamento do paciente para a aquisição da imagem até a qualidade e estado do negatoscópio (Pisco, 2003).

O Tratado que institui a Comunidade Europeia de Energia atómica (*Euratom*), prevê o estabelecimento de normas básicas de segurança relativas à protecção da saúde, dos trabalhadores e da população em geral, contra os perigos resultantes das radiações ionizantes.

Em Portugal, o decreto de Lei nº180/2002 de 08-08-2002, estabelece princípios e normas, nas quais devem reger-se acções a desenvolver na área da protecção contra as radiações ionizantes, assim como medidas fundamentais relativas à protecção das pacientes submetidas a exames e tratamentos médicos.

Entre os quais destaca-se o controlo de qualidade, onde existem diversos testes que o Técnico de Radiologia deve cumprir (Addendum on digital Mammography, European Guidelines for Quality assurance in mammography screening, third edition, 2003).

O programa de controlo de qualidade no radiodiagnóstico é constituído por um conjunto de operações que permite identificar de forma fiável qualquer item de um processo produtivo que possa comprometer a qualidade final do produto e a segurança dos envolvidos no processo. Os testes de qualidade fazem parte dos procedimentos deste programa, sendo implementados para garantir que o desempenho dos equipamentos utilizados no serviço, estejam de acordo com os critérios pré-estabelecidos. Em radiodiagnóstico, o programa de qualidade deve garantir que os equipamentos produzam imagens com qualidade adequada em função do diagnóstico (Motta, 1997; SEFM – SEPR, 1996).

1.1. Controlo de Qualidade em Mamografia

O controlo de qualidade em Mamografia consiste num conjunto de operações programadas periodicamente, que visam manter ou melhorar a qualidade do exame mamográfico. A qualidade final de uma Mamografia depende de todos os factores que intervêm na sua realização e processamento. Esses factores são: o equipamento (mamógrafo), a técnica de realização (posicionamento), receptor da imagem (chassis, ecrãs de reforço, películas), condições da câmara escura, condições do processo de revelação do exame (máquina e químicos de revelação), e leitura em condições adequadas do exame (negatoscópio específico para a Mamografia).

Todos estes factores estão interligados, assim, basta haver variação num factor para que exista alteração no resultado final do exame (Fletcher SW, 2000).

A realização do controlo de qualidade é a única forma de manter sob controlo estas variáveis, conseguindo uma coerência em toda a cadeia de realização do exame de Mamografia. A qualidade é considerada um conjunto integrado de actividades planeadas, baseada na definição de metas explícitas e na avaliação do desempenho, abrangendo todos os níveis de cuidados, tendo como objectivo a melhoria contínua da qualidade. A falta de qualidade prejudica a leitura do exame e, em consequência, o possível diagnóstico de uma patologia.

No diagnóstico por imagem, todos os componentes da cadeia radiológica que intervêm na formação, recepção, processamento e visualização da imagem, devem ser tomados em consideração nos programas de controlo de qualidade.

1.3. Garantir a Qualidade

Um programa de qualidade tem como finalidade a optimização da qualidade das imagens radiológicas, com o mínimo de incómodo para o paciente. O programa é composto por testes de controlo de qualidade, procedimentos de manutenção e formação dos intervenientes. Inclui, também, uma contínua melhoria da eficácia do Serviço de Radiologia e a disponibilidade de se iniciar acções correctivas. Este programa tem como objectivos principais, melhorar a qualidade da imagem mamográfica, reduzir os custos e as doses fornecidas aos pacientes (Papp J., 1998).

1.3.1. Comissão De Garantia Da Qualidade

Um requisito para um programa eficaz de garantia de qualidade é estabelecer que todos os componentes do sistema de imagem sejam compatíveis e trabalhem adequadamente, a fim de proporcionar um diagnóstico otimizado (Kopans, 2000).

No coração do sistema está a própria unidade de Mamografia. Para tal, o Serviço de Radiologia deve nomear uma Comissão para assegurar o controlo de qualidade. Esta comissão deve formular um programa de controlo de qualidade, no qual avalia as acções que devem ser tomadas.

A comissão tem como função primordial informar quais as mudanças necessárias e funções a desempenhar por todos os intervenientes do Programa de Controlo de Qualidade. A Comissão nomeada deve ter a sua própria estratégia fundamentada, com objectivos bem definidos. Deve incluir profissionais do Serviço de Radiologia, que se devem encontrar regularmente.

É necessário ter em consideração que os procedimentos de Controlo de Qualidade realizados pelo Técnico de Radiologia requerem formação e tempo suficiente para a sua realização (European Guidelines for Quality Assurance in Mammography screening, thirth edition, 2003). Deve ser designado um Técnico de Radiologia como sendo o indicado para a realização do controlo de qualidade, permitindo ao mesmo, disponibilidade de tempo, que deve estar incluído na sua escala de trabalho.

1.2. Programa de Controlo de Qualidade no Serviço de Radiologia

O Programa de Controlo de Qualidade (*PCQ*) deve incluir todos os procedimentos técnicos, os testes a realizar e os processos administrativos: - é necessário avaliar se os testes são realizados regularmente e correctamente; se os resultados são avaliados e se as acções necessárias são concretizadas. Este programa inclui recomendações quanto à responsabilidade das acções a realizar, de modo a assegurar o controlo de qualidade; a formação dos Profissionais de Saúde; optimização dos equipamentos e, a selecção do equipamento apropriado para cada exame.

Deve incluir meios, de modo a permitir avaliar a eficácia do programa (ex: custos da reparação dos equipamentos, causas e efeitos das acções realizadas e análise da performance dos equipamentos) e deve ser revisto periodicamente pela comissão de Controlo de Qualidade, com o intuito de determinar os efeitos do programa de controlo de qualidade (Chaloner e Périard, 1996).

1.3. Formação Profissional

O PCQ deve providenciar formação a todos os indivíduos com responsabilidades no mesmo, especialmente aos que estão directamente relacionados com a realização dos testes. É necessária uma formação contínua, de modo a manter uma actualização dos conhecimentos.

Segundo, a European Guidelines for Quality Assurance in Mammography screening, (2003), em cada 2 ou 3 anos, os técnicos de radiologia devem participar em cursos ou programas de diagnóstico para a actualização de conhecimentos, num centro de formação reconhecido. Devem actualizar os seus conhecimentos e desenvolver especializações de acordo com o desenvolvimento profissional permanente para o qual é importante que assistam a conferências e seminários.

1.4. Especificação para os equipamentos

A comissão de Controlo de Qualidade deve determinar quais as especificações técnicas dos equipamentos a serem adquiridos e, as condições/periodicidade das manutenções, de modo a manter ou melhorar a qualidade das imagens radiológicas.

1.5. Testes de Controlo de Qualidade

O principal objectivo da realização dos testes de Controlo de Qualidade é manter a qualidade das imagens radiológicas. São realizados através da monitorização dos parâmetros dos equipamentos radiológicos e de processamento, de modo a detectar desvios da performance ideal. Só assim, é possível tomar medidas correctivas imediatas. Orientações e critérios devem ser desenvolvidos para determinar qual o limite aceitável para a qualidade radiográfica.

O método de registo deve ser determinado pela comissão de Controlo Qualidade. Actualmente, existem programas de software que podem ser personalizados de acordo com o tipo de informação recolhida. Os registos devem estar disponíveis e a sua informação deve estar acessível a todos os Profissionais de Saúde do Serviço de Radiologia. A informação deve estar completa, actualizada e apresentada sob uma forma acessível para revisões periódicas e auditorias realizadas no Serviço de Radiologia.

1.6. Aprovisionamento para a substituição de equipamentos

A gestão financeira do Serviço de Radiologia deve incluir aprovisionamento para a substituição de equipamentos. Apesar do tempo de “vida útil” de um equipamento ser aproximadamente de 10 a 15 anos, a sua substituição requer um elevado investimento de capital. O PCQ deve providenciar orientações para o planeamento financeiro face à substituição necessária dos equipamentos deteriorados. As orientações devem-se basear de acordo com o tempo de funcionamento que resta ao equipamento.

Este tempo depende da diminuição da qualidade da imagem; do aumento das doses de radiação tanto para os pacientes, como para os profissionais de saúde e do aumento dos custos de funcionamento.

1.7. Avaliação do programa de Controlo de Qualidade

A avaliação do PCQ pode ser feita através da realização de inquéritos aos Profissionais de Saúde e utentes do Serviço de Mamografia. O serviço deve estar dotado de um livro de reclamações/sugestões que seja acessível a todos, com a finalidade de todos os interessados poderem manifestar as suas opiniões, sugestões e reclamações.

2. Periodicidade da realização dos Testes de Controlo de Qualidade

Para se atingir a qualidade do exame de mamografia, obrigatoriamente é necessário Profissionais de Saúde especializados, equipamentos de mamografia calibrados, processadoras indicadas, ecrãs e filmes do mesmo fabricante, testes periódicos de controlo de qualidade e uma vigilância constante das condições do serviço. Alguns hábitos implantados na rotina diária do serviço; podem promover uma melhoria na qualidade final do exame.

De seguida, apresenta-se uma tabela de periodicidade, que indica a frequência da realização dos Testes de Controlo de Qualidade.

	TESTES DE CONTROLO DE QUALIDADE
DIARIAMENTE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificação sensitométrica; ▪ Limpeza da câmara escura
SEMANALMENTE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpeza dos ecrãs de reforço ▪ Inspeção visual dos negatoscópios. ▪ Teste com fantoma
SEMESTRALMENTE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integridade dos chassis (inspeção visual; protecção de luz; velocidade relativa) ▪ Câmara escura (inspeção; protecção de luz; luz inactínica, magazine) ▪ Manutenção do Processador (medição da temperatura, químicos de revelação) ▪ Mamógrafo (limpeza do equipamento; exposição automática) ▪ Outros (repetição de exposições; inspeção das condições de armazenamento das películas e dos produtos químicos)

Tabela 6 – Periodicidade de realização de testes de controlo de qualidade (Fonte: Bushong)

2.1. Testes de Controlo de Qualidade

A Saúde é um campo científico onde estão em risco vidas, e que a menor falha pode significar riscos acrescidos e falsos diagnósticos. Uma das funções do Técnico de Radiologia, para além da realização do exame incide sobre o correcto funcionamento da sala e do equipamento com que trabalha.

Os testes de qualidade fazem parte dos procedimentos destas funções, sendo implementados para garantir que o desempenho dos equipamentos utilizados no sector esteja de acordo com critérios. É de extrema importância que todos os procedimentos sejam respeitados, desde os diários até aos semestrais, para que a qualidade em Mamografia seja máxima, de modo a permitir um diagnóstico correcto.

Seguidamente, serão descritos apenas três testes de Controlo de Qualidade, independentemente de existir uma elevada variedade. A selecção destes testes deve-se à importância destes, no factor de qualidade de imagem que esta Técnica requer.

2.1.1. Teste imagens do fantoma/ Listagem de verificação visual

A qualidade da imagem em Mamografia é avaliada através de um simulador radiográfico da mama, que designamos por fantoma. Este objecto simula uma mama comprimida entre 4 e 5 cm e possui, no interior, detalhes que produzem imagens radiograficamente semelhantes a estruturas normais e anormais presentes na mama, nomeadamente microcalcificações, fibras e massas tumorais.

Na superfície destes simuladores podem ser posicionados grelhas metálicas e discos de polietileno, para medir alto e baixo contraste, respectivamente. Radiografa-se o fantoma com 28 kV, em exposimetria automática, com enegrecimento +0.0 e com a combinação ânodo/filtro Mo/Mo e no modo mAs AUTO (medical consult, 2008).

O fantoma deve posicionar-se tal como é representado na figura 37. Antes de imprimir o exame, deve ajustar o contraste e o brilho para 1919 e 2096 respectivamente. Regista-se o número de grupos de filamentos visíveis (A), o número de circunferências visíveis (B) e o número grupos de circunferências visíveis (C, D, E) (figura 39).



Figura 37 – Posicionamento do fantoma Medi-Test

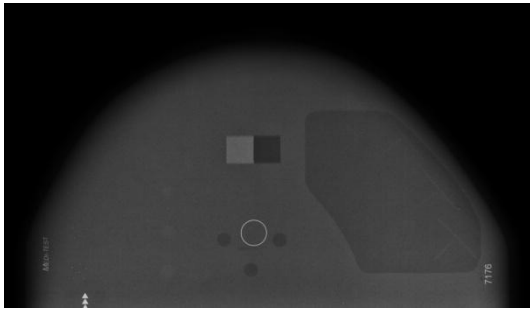


Figura 38 – Imagem do espectro, que mostra os vários objectos de teste que são visíveis utilizando a técnica da película/filme

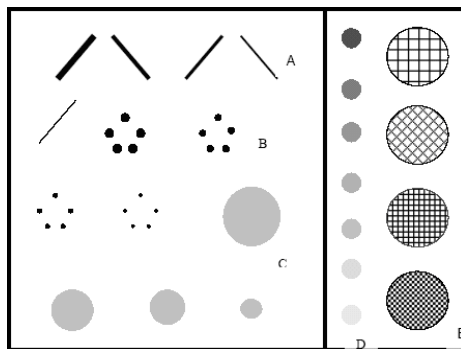


Figura 39 – Simulação de estruturas ((A – fibras, B – microcalcificações, C – massas) e estruturas para medida de alto e baixo contraste (D – discos; E – grelhas)

(Fonte: http://www.mra.com.br/downloads/instrucoes_testes.pdf)

Para o estudo da qualidade da imagem, são avaliados na imagem obtida do simulador radiográfico: definição da imagem (resolução espacial), detalhes de alto contraste, limite de baixo contraste, detalhes lineares de baixo contraste (tecido fibroso), massas tumorais e densidade óptica de fundo (http://www.mra.com.br/downloads/instrucoes-_testes.pdf).

Este teste é realizado diariamente através de uma radiografia para estabelecer uma linha basal otimizada para assegurar a qualidade da imagem, designada por imagem espectral. Esta imagem é avaliada com relação à densidade basal do filme, contraste (diferença de densidade), uniformidade e número de objectos visíveis. O espectro mamográfico aproxima-se de uma mama comprimida entre 4,0 e 4,5 cm de espessura; com seis fibras de nylon de tamanhos diferentes que simulam estruturas fibrosas, cinco grupos de microcalcificações simuladas e cinco massas de tamanhos diferentes similares a tumores (figura 38 e 39). Os objectos de teste dentro do espectro variam em tamanho desde aqueles que devem ser visíveis em qualquer sistema, até os objectos que são difíceis de ver mesmo nos melhores sistemas mamográfico.

Os critérios do ACR requerem uma contagem mínima que inclua a visibilidade das quatro fibras maiores, dos três maiores grupos simulados de microcalcificações e das três maiores massas similares a tumor. O Técnico de Radiologia deve avaliar a imagem espectral e registar o número de objectos vistos utilizando uma lente de aumento. A imagem espectral deve ser comparada à linha basal e devem ser examinadas imagens prévias para verificar artefactos e áreas não uniformes. Caso sejam detectados anomalias, deve ser determinada a origem e tomada uma acção correctiva.

Listagem de verificação visual

Verificação que permite assegurar que todo o sistema eléctrico e mecânico funciona de modo adequado a garantir a boa realização dos exames. O técnico de Radiologia deve rever todos os pontos da lista e indicar o estado de cada um. Se houver algum ponto que não esteja normal, deverão ser adoptadas medidas o mais rápido possível de modo a tentar solucionar/resolver o problema (Kopans, 2000).

2.1.2. Inspeção Visual do Negatoscópio

Segundo Kopans (2000), o sistema de visualização para a interpretação dos filmes é frequentemente negligenciado. O negatoscópio e as condições de visualização devem ser idênticas tanto para o Técnico de Radiologia que avalia o filme em questões técnicas, como para o Médico Radiologista que interpreta o exame realizado.

O contraste da imagem radiológica pode ser afectado pela qualidade do ecrã e pela luminosidade existente. Além dos procedimentos seguidos durante a verificação de qualidade, as condições de visualização também podem ser melhoradas através da manutenção regular do negatoscópio (Kopans, 2000).

Este teste tem como objectivo verificar se os tubos fluorescentes estão em boas condições, e remover qualquer impureza que possa reduzir a intensidade da luz.

Deve ser realizado seguindo as diversas etapas:

- 1- Limpar os painéis internos e externos usando um produto apropriado (álcool diluído);
- 2- Ligar o painel para ser testado (na posição máxima no negatoscópio com regulação de luz);
- 3- Aguardar alguns minutos para que a intensidade da luz estabilize;
- 4- Verificar se a descarga de luz não produz qualquer interferência (vibração, flash) e se a intensidade é uniforme em toda a superfície,
- 5- Repetir estes procedimentos para todos os ecrãs pela mesma ordem,
- 6- Assegurar visualmente, que todos os ecrãs produzem a mesma cor de luz.

Avaliação dos resultados dos testes:

- Qualquer tubo que tenha algum flash ou vibração deve ser substituído
- Substituir todos os tubos fluorescentes que não produzam a mesma cor predominante que os outros negatoscópios instalados.

2.1.3. Limpeza do equipamento

É recomendado que a parte do equipamento que entra em contacto com a paciente seja limpo entre um exame e outro. A maioria dos equipamentos de Mamografia; são constituídos por compressores fabricados por uma liga de carbono. O uso constante de álcool a 90% ou a 70% pode danificar o material e causar fissuras ao longo do tempo. Para garantir a vida útil do equipamento de Mamografia é importante que a limpeza seja realizada através de material não abrasivo, recomendado pelo fabricante ou por Clorexidina, solução aquosa a 0,2%. Para desinfetar o sistema, desligue totalmente o sistema da corrente (fonte: Siemens).

3. Controlo de Qualidade em Mamografia Digital

Com a popularização do uso de sistemas radiológicos mamográficos digitais, surge a necessidade do desenvolvimento de rotinas para aferir o desempenho destes sistemas, assim como avaliar a qualidade das imagens geradas quanto a detecção de lesões. A visualização de microcalcificações e massas tumorais podem ser limitadas pela resolução espacial de imagem, seja o de aquisição (detectores) ou de visualização (monitores).

De acordo com o ACR, a aplicação de sistemas digitais em Mamografia requer um desempenho equivalente ou superior ao obtido por sistemas analógicos convencionais. Para avaliar o desempenho é necessário o desenvolvimento de procedimentos de testes de qualidade que atestem a confiabilidade do sistema mamográfico digital, uma vez que não há um protocolo definido que possa ser aplicado aos sistemas digitais já comercializados, sejam eles de aquisição directa ou indirecta.

A tecnologia digital para Mamografia evoluiu rapidamente e as recomendações do FDA relativas ao controlo de qualidade em Mamografia Digital ainda não estão completamente estabelecidas. Não existe uma definição quanto às especificações relativas a simuladores para controlo de qualidade das imagens digitais (NHS Breast Screening Programme, 2007). No entanto, as imagens digitais são formadas por elementos de imagem designados de pixéis (picture element), que compõem uma matriz que possui um comprimento e uma largura, que dimensionam a imagem bidimensional.

Assim, alguns parâmetros fundamentais da imagem vão depender do tamanho desta matriz, considerando-se o tamanho dos pixéis e o espaçamento entre eles (*pitch*) (Korner M., et al, 2007). A menor unidade da informação digital seria o bit, com dois possíveis estados: 0 ou 1. Assim, a profundidade do bit passa a ter importância na formação da imagem, pois a quantidade de bits é utilizada para codificar a intensidade do sinal (escala de cinzentos) de cada pixel de uma imagem. Uma vez formada a imagem, alguns parâmetros devem ser considerados para que se possa avaliar a qualidade da informação.

A resolução de contraste é a habilidade de um sistema em distinguir dois objectos com diferentes intensidades de sinal. É afectada pela quantização e limitada pela profundidade de bit (Krupinski EA et al, 2007).

A resolução espacial é definida como a habilidade em se distinguir pequenos objectos em alto contraste e é limitada pelo tamanho mínimo do pixel. Esta não é melhorada com o aumento da radiação aplicada ao detector (Krupinski EA et al, 2007). De acordo com o teorema de Nyquist, dado um tamanho de pixel x , a máxima resolução espacial alcançável seria $x/2$.

A função de transferência de modulação (*modulation transfer function*, ou *MTF*) proporciona a descrição mais completa da resolução espacial de um detector. A MTF descreve a eficiência com que variações senoidais no contraste do sinal, em diferentes frequências espaciais, são reproduzidas pelo sistema de obtenção de imagem, isto é, tem a função de converter valores de contraste de objectos de diferentes tamanhos em níveis de intensidade de contraste na imagem (Cowen AR, et al, 2008).

A faixa dinâmica é a diferença entre a intensidade de sinal ou frequência, entre o maior e menor sinal que um sistema pode processar ou mostrar. A densidade óptica é a diferença entre as regiões úteis mais claras e mais escuras da imagem. Aumentando o número de bits por pixel, em imagem digital aumenta a faixa dinâmica da imagem. Em radiologia de ecrã-filme a resposta do filme à exposição é representada pela curva sensitométrica, cuja faixa dinâmica é definida como o intervalo linear da curva. Os detectores digitais apresentam uma resposta mais ampla e linear à exposição (gráfico 1), ou seja, a função do detector digital melhora com o aumento da exposição.

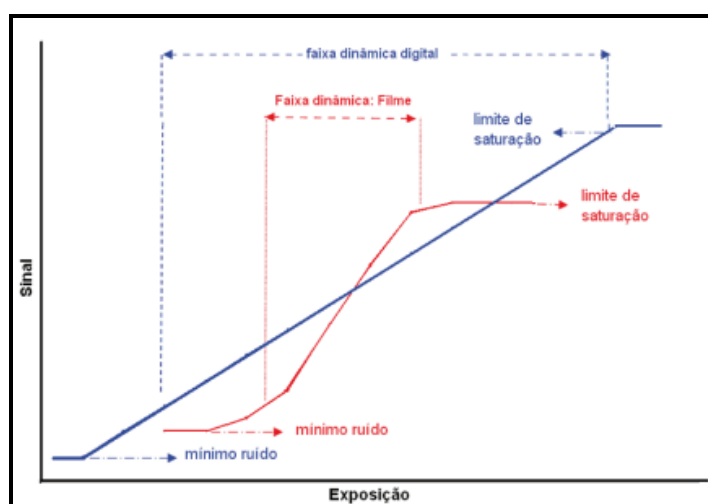


Gráfico 1 - Gráfico que ilustra a faixa dinâmica de sistemas ecrã-filme e equipamentos que produzem imagem digital (fonte: Cowen AR, et al, 2008)

Em Radiologia Convencional, a análise da qualidade da imagem é voltada praticamente ao contraste e resolução espacial. Estes factores são frequentemente tratados como se tivessem características absolutas, desconsiderando-se o ruído na imagem como um dos factores principais. No caso de detectores digitais, tanto o ruído como a razão sinal-ruído (*signal-noise ratio*, ou *SNR*) passam a ter importância central na avaliação da qualidade da imagem. A imagem passa a ter tanto contraste quanta nitidez dinâmicos, devido a recursos de pós-processamento. No entanto, qualquer variação de apresentação de imagem é limitada pelo ruído nela contido. Assim, o parâmetro que passa a determinar a qualidade da imagem é a razão entre o sinal e o ruído, pois este está relacionado ao conteúdo de informação da imagem. Uma grandeza útil para caracterizar o desempenho do detector quanto ao sinal e o ruído é a eficiência de detecção quântica (*detective quantum efficiency*, ou *DQE*). A DQE é uma função da frequência espacial e descreve a eficiência de transferência da SNR (ao quadrado) contido no padrão de Rx incidente à saída do detector. Como, em geral, a obtenção da imagem radiográfica efectiva depende da maximização da SNR e minimização da dose ao detector, pode-se dizer (Cowen AR, et al, 2008);

$$DQE_{\text{detector}} = \text{SNR}_{\text{saída}}^2 / \text{SNR}_{\text{entrada}}^2$$

onde:

$\text{SNR}_{\text{entrada}}$: razão sinal-ruído antes de entrar no detector:

$\text{SNR}_{\text{saída}}$: razão sinal-ruído quando sai do detector

4. Artefactos em Mamografia

De acordo com o programa de acreditação do ACR, em que foram analisados 2341 exames de Mamografia, os artefactos foram eleitos, como o sexto problema na ordem de importância, sendo responsáveis por 11% das falhas de exames (Basset LW et al, 2000).

Artefactos são variações na densidade mamográfica não causada por atenuação real da mama, que podem comprometer a qualidade final da imagem (Magalhães Lag et al, 2002; Hogge JP., 1999).

Existem diversos tipos de artefactos derivados de inúmeras fontes de aquisição da imagem, todos resultando na degradação da imagem obtida. Os artefactos podem ser relacionados ao processador, ao desempenho do Técnico de Radiologia, à unidade de Mamografia ou ao paciente. Quando se examina um filme em relação aos possíveis artefactos, é importante isolar o artefacto, identificar a sua fonte e fazer qualquer correcção/observação necessária para eliminar a sua causa. Neste sentido, inúmeros factores devem ser considerados, incluindo a posição do artefacto e suas características, como densidade, forma e distribuição da imagem.

4.1. Artefactos relacionados com o processador, em Mamografia Analógica

Artefactos relacionados com o processador são do tipo lineares, geralmente por pressão excessiva dos rolos sobre o filme (figura 40). Para diferenciar se o artefacto é devido ao processador ou à unidade mamográfica, o ACR, na sua normalização, descreve um teste em que duas radiografias são feitas com a mesma técnica e colocadas no revelador de modo a serem uma perpendicular à outra. Se os artefactos lineares forem paralelos, o responsável será o processador, no caso de serem perpendiculares, o mamógrafo será a fonte do artefacto (Basset L., 2000).



Figura 40 – Imagem danificada pelos rolos no processamento de imagem

Outras causas possíveis de artefactos relacionados com o processador são: sujidade nos rolos de emulsão, rolos de secagem molhados, replecção inadequada dos químicos de revelação e fixação, tempo inadequado de imersão do filme nos químicos, produzindo imagens mais ou menos escuras nas áreas afectadas do filme (figura 41). A temperatura está directamente relacionada ao contraste radiográfico. O valor ideal depende do filme, dos ciclos de processamento e das recomendações do fabricante, variando normalmente de 29,4°C a 35°C e de 4,5°C a 29,5°C para o revelador e para a água, respectivamente (Hedrick WR et al, 1998) (figura 43).

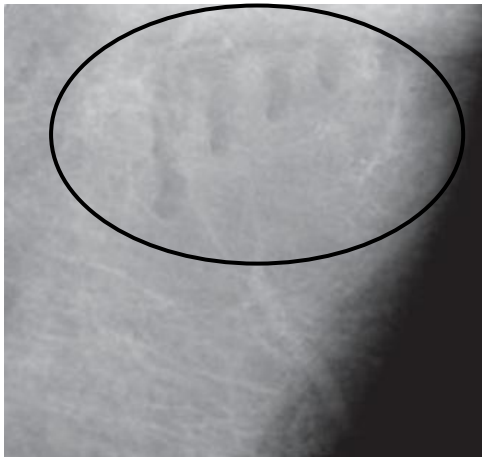


Figura 41 – Artefacto químico escorrido no filme sem lavagem adequada

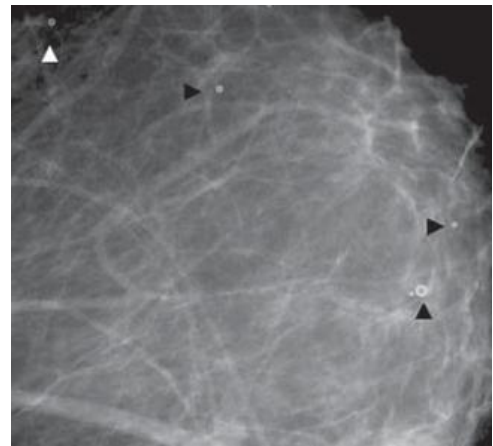


Figura 42 – Aglutinação de grânulos de prata sob alta temperatura do processador

4.2. Artefactos relacionados com o Técnico de Radiologia

Artefactos associados ao desempenho do exame incluem o manuseamento impróprio do filme, limpeza inadequada da cassete, erro no uso da Unidade de Mamografia e materiais relacionados, posicionamento e o funcionamento da câmara escura, nas Instituições onde ainda existe.

Um artefacto comum é dado pela impressão digital no filme, principalmente se o Técnico de Radiologia estiver a utilizar cremes e loções para as mãos. Se a impressão digital ocorrer antes da exposição radiológica, o artefacto será de baixa radiodensidade; caso ocorra após a exposição será de radiodensidade elevada (figura 43).

Marcas de unhas são visualizadas como artefactos escuros e curvilíneos determinados pela quebra de emulsão do filme. Armazenamento impróprio das caixas de filmes pode causar um artefacto de menor densidade no mesmo local em todos os filmes da caixa. Sujidade, poeira e cabelos podem causar artefactos se acidentalmente se depositam dentro dos chassis (figuras 44 e 45).

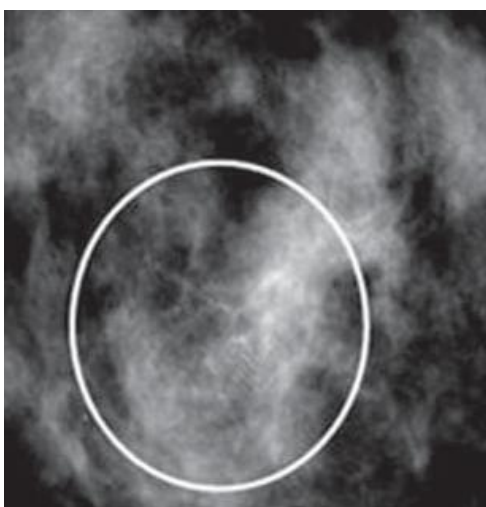


Figura 43 – Impressão digital ocorrida no carregamento do chassis

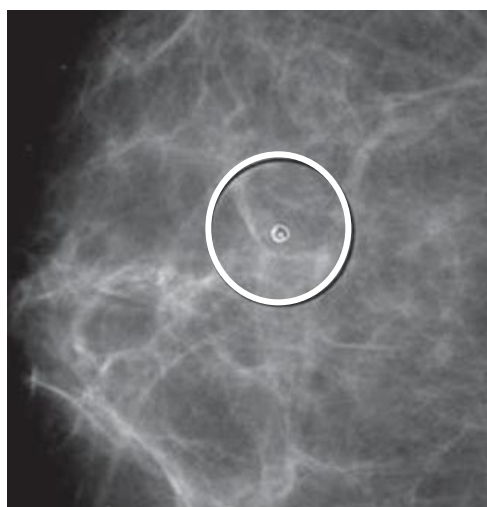


Figura 44 – Fio radiodenso no chassis

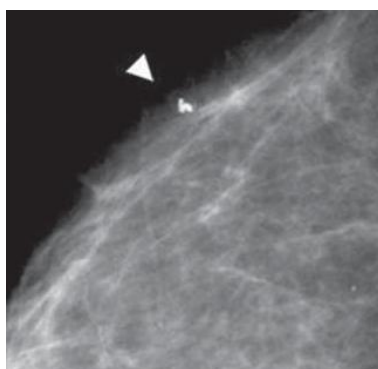


Figura 45 – Chassis sujo

Outra causa importante de contacto insuficiente da tela com o filme é o ar aprisionado entre o filme e a cassette quando esta é carregada, levando á formação de imagem obscura no filme (figura 46). Segundo o ACR, as cassetes devem ser expostas pelo menos 15 minutos depois de carregadas para permitir que o ar dissipe. A colocação adequada do filme na cassette é de extrema importância, sobretudo porque as películas são monoemulsionadas, emulsão em apenas uma das faces da película, de modo a que o lado emulsionado deva estar em contacto com a tela intensificadora para uma adequada exposição e aquisição de imagem.

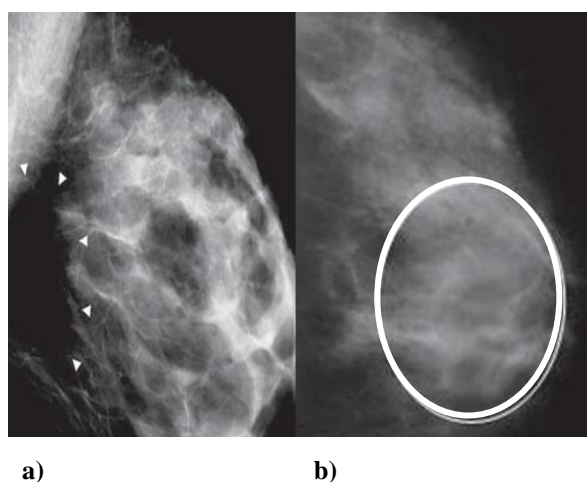


Figura 46 – Área com perda de definição, por bolha de ar localizada entre o filme e o ecrã

4.3. Artefactos relacionados com o paciente

São artefactos relacionados por movimento, sobreposição de objectos ou substâncias tais como, partes do corpo, jóias, roupas, cabelos, dispositivos médicos implantados, corpo estranho ou substancia na pele que contenham material de alumínio, zinco e magnésio, que são radiopacos aos Rx, e podem simular microcalcificações (figuras 47, 48e 49)

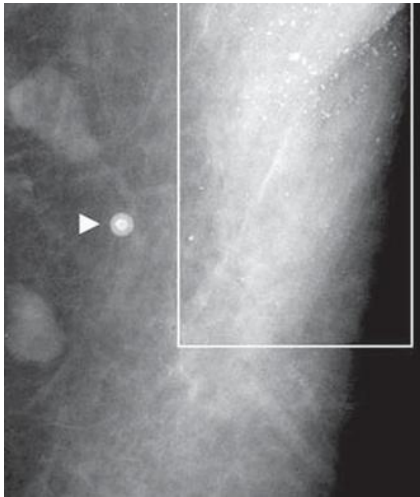


Figura 47 – Desodorizante simulando microcalcificações no prolongamento axilar. Aglomerado de grânulos de prata sob alta temperatura do processador

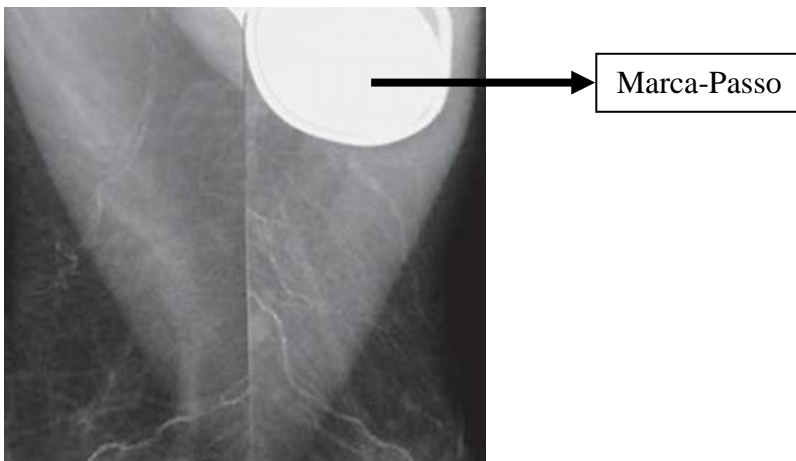


Figura 48 – Imagem radiodensa, com visualização de Marca-Passo

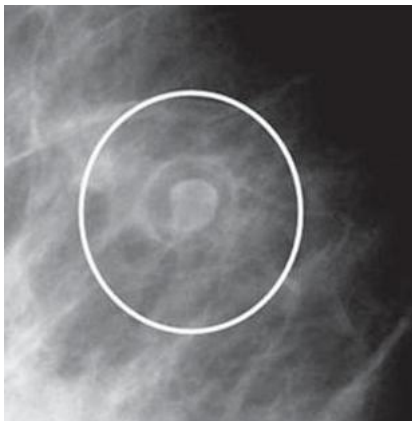


Figura 49 – Sombra simulando nódulo mamário

Os artefactos devem-se à movimentação da paciente durante a exposição. Este artefacto surge, na maioria, na incidência Lateral, uma vez que na incidência crânio-caudal a mama fica estendida pela bandeja do “bucky” (figura 50). Estes artefactos, exigem a repetição do exame, visto poderem ocultar microcalcificações.

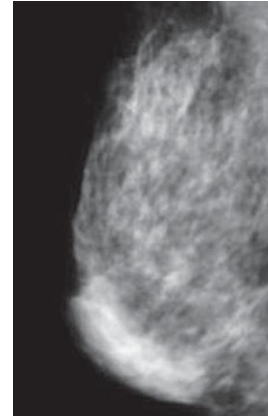


Figura 50 – Mamografia tremida por falta de compressão

Artefactos causados por interposição de cabelos são linhas brancas, curvilíneas e assimétricas. São melhor visualizados na incidência CC do que na incidência Oblíqua ou Perfil (Hogge JP. et al, 1999) (figura 51).

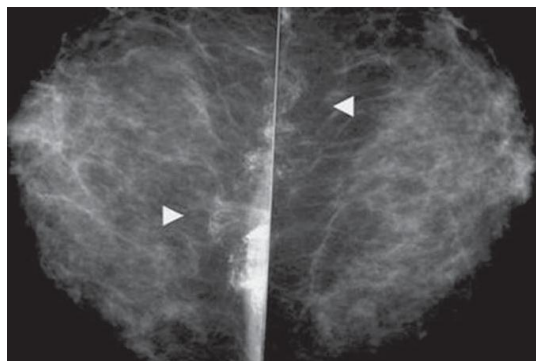


Figura 51 – Sombra de cabelo sobre o filme

Corpos estranhos como cliques metálicos, fragmentos metálicos por ferimento por arma de fogo, implantes médicos devem ser questionados pelo operador e salientados pela paciente (figuras 48, 52 e 53)

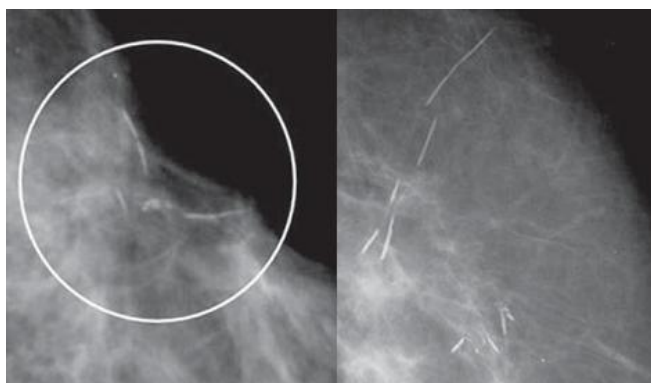


Figura 52 – Fios de sutura calcificados

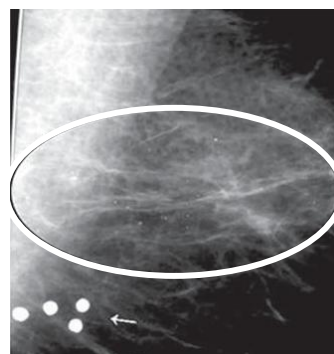


Figura 53 – Fragmentos metálicos de projectil de arma de fogo simulando calcificações e microcalcificações

4.3. Artefactos relacionados com o mamógrafo

Podem ser causados por falha na rotação do espelho de colimação do campo de visão durante a exposição de Rx, falha na movimentação da grelha, materiais que se depositam dentro do compartimento do tubo de Rx, falha na compressão (figura 50), alinhamento e defeito da compressão com a bandeja do bucky (Hogge JP et al, 1999).

Os artefactos podem representar obstáculos a um diagnóstico mamográfico fiel. Técnicos e Médicos de Radiologia devem estar familiarizados com a gama de artefactos existentes e devem estar aptos ao rápido reconhecimento da sua fonte, minimizando, assim, custos e exposições do paciente à radiação. Uma rotina de prevenção e detecção de artefactos e um efectivo controlo de qualidade no processo de aquisição de imagem radiográfica da mama podem ser facilmente incorporados pelo Serviço de Mamografia, resultando em exames mais fiéis, diagnósticos mais eficazes e redução de custos.

CAPÍTULO VII

PROCEDIMENTO NA REALIZAÇÃO DO EXAME

1. Cuidados a ter em consideração com a Paciente

Garantir a qualidade num Serviço de Radiologia implica controlar numerosas áreas relacionadas com toda a cadeia de factores que interferem com a qualidade. Um dos factores mais importantes é a Paciente. Os factores relacionados com a paciente passam pela marcação do exame, sua recepção e preparação. Deve existir preocupação com o seu bem-estar, se os seus objectos pessoais estão em segurança durante a realização do exame e, se o resultado final do exame corresponde ao pretendido (Bushong, 2001).

A marcação do exame de Mamografia consoante o ciclo menstrual é controversa. Em muitas Instituições, a fase do ciclo menstrual da paciente é ignorada. Em contrapartida, noutras a Mamografia é preferencialmente realizada durante a primeira fase do ciclo menstrual. Nesta fase, a mama é facilmente comprimida, com menor desconforto, o qual é muito benéfico para as pacientes.

É importante solicitar à paciente que traga exames anteriormente realizados, de modo a que o Médico Radiologista possa avaliar a evolução do tecido mamário.

Antes de iniciar o exame, o Técnico de Radiologia deve explicar o protocolo do exame à paciente de forma simples e completa, esclarecendo qualquer dúvida. Esta explicação do porquê e do processamento da técnica é muito importante, porque faz com que a paciente se sinta integrada no processo e se torne, deste modo, mais colaborante.

É importante que a paciente compreenda a necessidade da compressão. Este diálogo contribui para o estabelecimento de uma empatia entre a paciente e o Técnico, o que ajuda a criar um ambiente mais calmo e de confiança durante o exame.

Em muitas Instituições, é fornecido às pacientes um inquérito, cujo preenchimento permite averiguar factores de risco e ajudar na interpretação das imagens radiológicas. O historial clínico da doente; deve conter diversas informações, tais como: o número de gestações; a história familiar de cancro da mama; antecedentes pessoais; eventual medicação; cirurgias prévias; Mamografias anteriormente realizadas (onde e quando); a descrição de alguma anomalia (dor, secreção papilar, nódulos); e anotações sobre a localização de cicatrizes, massas palpáveis, sinais, verrugas, tatuagens, etc.

Se a paciente colocar questões específicas, estas devem ser esclarecidas pelo Médico Radiologista ou pelo Técnico de Radiologia.

1.1. Posicionamento Mamográfico

Um dos aspectos críticos e mais difíceis de controlar com rigor; é o posicionamento da paciente. Para uma exposição correcta para a realização da mamografia é necessário conhecer e dominar a técnica de posicionar e articular a paciente, com o conhecimento técnico da construção da imagem e de domínio do equipamento. (European Guidelines for Quality Assurance in Mammography, thirth edition, 2003).

A mama deve ser comprimida para espalhar estruturas sobrepostas, e a exposição deve ser apropriada à obtenção de uma imagem dos tecidos com elevada qualidade. Numa lesão palpável o Técnico de Radiologia deve certificar-se que ela esta incluída no exame, evitando perda de tecido mamário.

1.2. Incidências utilizadas em Mamografia

São realizadas duas incidências padrão em cada mama, a incidência crânio-caudal (CC) com a ampola na vertical a 0°, e a oblíqua, realizada a 60°. Se surgirem dúvidas no diagnóstico por parte do Médico Radiologista, deve-se recorrer a incidências complementares, tais como: incidências obtidas com diferentes inclinações da ampola, incidências tangenciais e com marcação cutânea, incidência do “túnel”, incidências axilares, compressões localizadas e, ampliações.

Nas pacientes com próteses mamárias é útil a incidência descrita por Eklund, para estudo do tecido mamário anterior à prótese.

A cada incidência realizada devem ser colocados os respectivos marcadores, direito e esquerdo, assim como o nome da incidência realizada, de modo a facilitar a visualização das imagens radiológicas.

1.2.1. Incidências Padrão

1.2.1.1. Incidência crânio-caudal (CC)

A paciente em ortoestatismo apoia a mama a radiografar no bucky pelos seus quadrantes inferiores, de modo que este fique à altura do sulco infra-mamário; a paciente roda ligeiramente para o lado contrário a radiografar para que o eixo mamilar coincida com o eixo longitudinal do potter. A paciente deve colocar a mão do lado da mama a radiografar na anca, de modo a desprojectar o ombro evitando assim a formação de pregas, enquanto a outra mão ajuda a afastar a mama contra lateral (figura 54). O Técnico de Radiologia deve verificar se o abdómen está desprojectado, o que vai provocar sobreposição da imagem obtida. Depois da mama bem posicionada procede-se à compressão gradual da mama, utilizando uma das mãos para a moldar, evitando pregas e desprojectando o mamilo, permitindo assim, um perfeito contacto da mama com o potter e o compressor.



Figura 54 – Posicionamento da incidência CC (fonte: Bontrager)

Para que se consiga comprimir adequadamente a mama de forma bem tolerante, é importante que, para além de todos os cuidados já referenciados, a compressão seja interrompida logo que o dispositivo toque na mama. A partir deste momento, o Técnico de Radiologia deve manter conversa com a paciente, encorajando-a, enquanto progressivamente aumenta a compressão, com repetidos toques no pedal do mamógrafo. A compressão lenta ajuda a paciente a adquirir confiança, dando-lhe conta que facilmente poderá suportá-la, pelo menos na maioria das vezes.

Crítérios de boa realização

- Correcta identificação do exame (nome da paciente, data do exame, nome da - incidência, identificação correcta dos quadrantes)
- Ausência de movimento evidente
- A mama central, sub-areolar, e medial deve ser visualizada
- O mamilo é observado em perfil, no contorno mamário
- Simetria dos quadrantes externos e internos em relação ao eixo mamilar
- Visualização do tecido retro-mamilar e se possível do músculo grande peitoral
- Ausência de artefactos e pregas
- Áreas densas apresentam penetração adequada
- Elevado contraste tecidual e óptima resolução

Anatomia Radiológica:

Verificados todos os critérios de boa realização, observa-se a pele a revestir externamente a mama e internamente a esta, uma fina camada hipertransparente, designado por tecido celular subcutâneo. O mamilo é visualizado de perfil, com uma proeminência da pele. Predominantemente na região mais externa da mama, observa-se um “aglomerado” de tecido glandular (mais hipotransparente; numa posição mais interior e posterior encontra-se tecido fibro-adiposo, nomeadamente mais hipertransparente (figura 55), e em algumas pacientes pode ser mesmo observado, na região posterior da mama o músculo peitoral maior (hipotransparente). Podem ainda ser visualizados o ligamentos de Cooper e as cristas de Duret, sendo normalmente, os primeiros mais densos e melhor observados em mulheres adultas pré-menopausicas, isto é, quando já existe uma maior predominância de tecido adiposo.

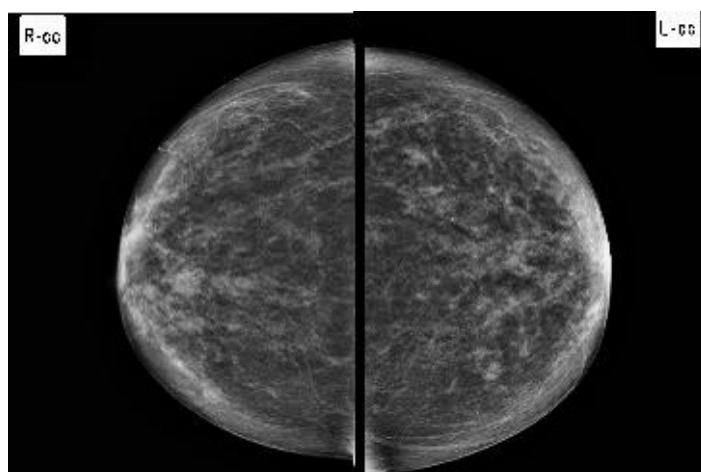


Figura 55 – Imagem mamográfica da incidência CC

1.2.1.2. Incidência Oblíqua

A incidência oblíqua, também denominada perfil externo a 60° a 70°, permite incluir desde o QSE até ao QII, o músculo grande peitoral e o espaço retro-mamário.

Deve colocar-se a angulação da gantry a 60°. A paciente encosta a mama ao potter pelo seu lado externo, apoiando o escavado axilar no ângulo do potter. Seguidamente inicia-se a compressão, empurrando a porção inferior da mama, e com a outra mão pressionam-se as costas da paciente para que esta não se afaste (figura 56). Devemos certificar-nos de que o mamilo se encontra desprojectado e de perfil. A mama contralateral deve ser desviada pela paciente, afastando também a cabeça, o cabelo e o ombro, de modo a não interferir com a imagem radiológica.



Figura 56 – Posicionamento da incidência Oblíqua (Fonte: Bontrager)

Esta incidência fornece uma maior informação, no que refere à quantidade de tecido mamário, logo, deve ser visualizada desde a inserção do músculo grande peitoral até à zona do mamilo.

Critérios de boa realização

- Correcta identificação do exame (nome da paciente, data do exame, nome da incidência, identificação correcta dos quadrantes)
- Ausência de movimento evidente
- O mamilo é observado de perfil
- Visualização do sulco infra-mamário
- Observação de uma boa compressão
- Penetração adequada nas áreas densas
- Elevado contraste tecidual e óptima resolução
- Ausência de artefactos

Anatomia Radiológica:

As estruturas base da glândula mamária descritas anteriormente na anatomia radiológica da incidência CC; mantêm-se visíveis na incidência Oblíqua. O músculo peitoral é visualizado na região posterior da mama, apresentado uma forma triangular do vértice inferior (ao nível do mamilo) com orientação oblíqua. A imagem do musculo peitoral é hipotransparente e com contornos bem definidos (figura 57). Pode se visualizar uma proeminência de tecido glandular (imagem mais hipotransparente) nos quadrantes superiores. Nesta incidência visualizam-se as Cristas de Duret, perpendiculares ao eixo da mama.

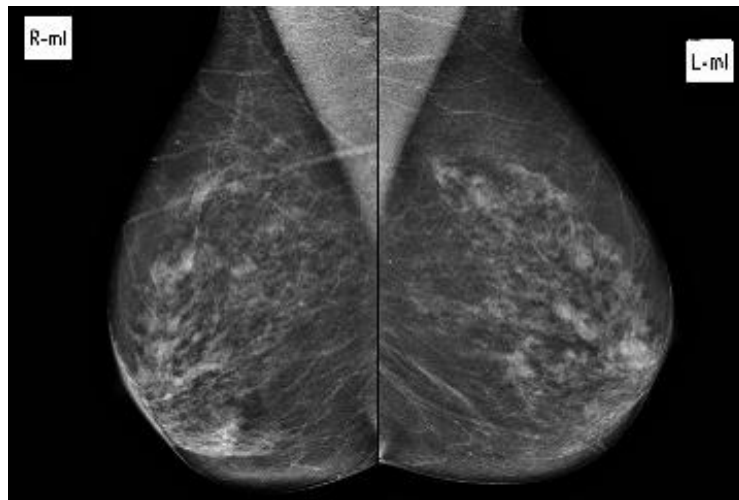


Figura 57 – Imagem mamográfica da incidência Oblíqua

1.2.2. Incidências Complementares

1.2.2.1. Perfil interno ou invertido

Tem como objectivo, evidenciar os aspectos do quadrante interno, logo utiliza-se como uma incidência complementar, nas lesões que levantam dúvidas, localizadas nos quadrantes internos da mama.

A gantry é angulada a 90°, a paciente encosta a mama ao potter pela zona interna de modo a desprojectar o mamilo, visualizando-se a maior porção possível da glândula mamária e musculo grande peitoral (figura 58).

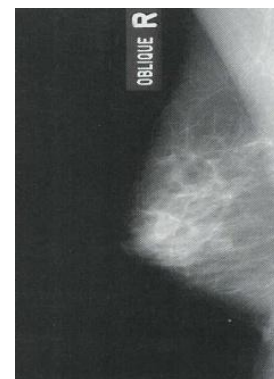
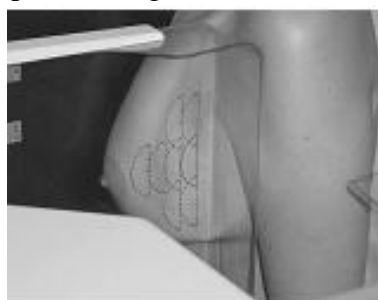
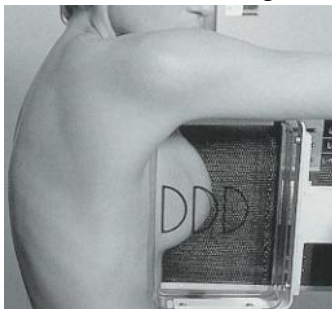


Figura 58 – Posicionamento da incidência Perfil Interno

Figura 59 – Imagem mamográfica da incidência Perfil Interno

1.2.2.2. Perfil externo ou estrito

O perfil externo é idêntico ao posicionamento da paciente no perfil interno, alterando-se apenas a angulação da gantry, que continua a 90°, mas para o outro lado, a paciente terá de encostar o quadrante externo ao potter (figura 60). Assim, destina-se a evidenciar os aspectos do quadrante externo.



Figura 60 – Posicionamento da incidência Perfil Externo

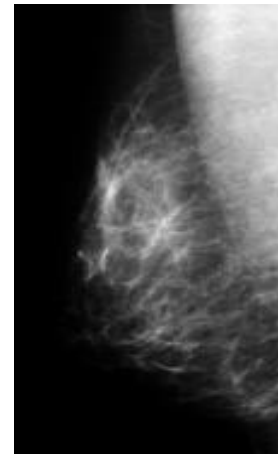


Figura 61 - Imagem mamográfica da incidência Perfil Estrito

1.2.2.3. Prolongamento axilar

Utiliza-se para o despiste de eventuais nódulos axilares aumentados e de adenopatias na parte alta da axila. Posicionar a gantry a 30°, de modo a que a paciente coloque o braço sobre o potter, colocando o compressor sobre o escavado axilar (figura 62).



Figura 62 - Posicionamento da incidência Prolongamento Axilar

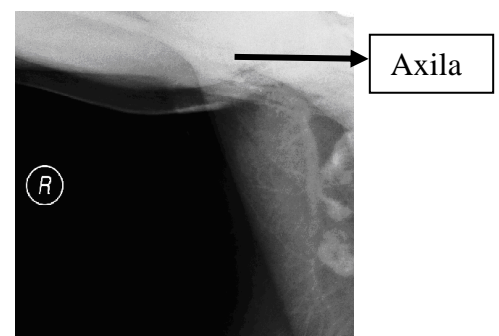


Figura 63 - Imagem mamográfica da incidência Prolongamento Axilar

1.2.2.4. CC com rotação (interna ou externa)

Incidência idêntica à CC, no entanto existe uma rotação do tecido mamário de modo a desprojectar imagens sobrepostas. Esta rotação pode ser interna ou externa (figura 64, 65), de modo a permitir estudar zonas não visualizadas na incidência CC (Kopans, 2000).



Figura 64 – Posicionamento da incidência CC com rotação externa



Figura 65 – Posicionamento da incidência CC com rotação interna

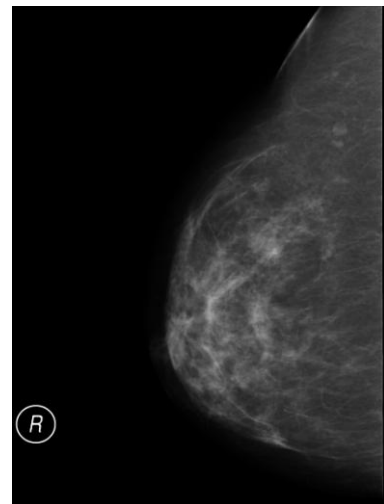


Figura 66 – Imagem mamográfica da incidência CC com rotação de 20°

1.2.2.5. Incidência de “Túnel”

Coloca-se a gantry a 0°. Seguidamente, as duas mamas sobre o potter vertical de modo a serem visíveis os quadrantes internos, obtendo assim uma projecção simultânea dos mesmos. Esta incidência permite o estudo o sulco do seio (figura 67).



Figura 67 – Posicionamento da incidência de “Túnel”

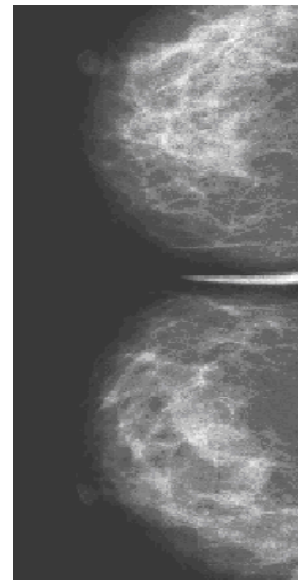


Figura 68 – Imagem mamográfica da incidência de “Túnel”

1.2.2.6. Técnica de Ecklund

Esta técnica é utilizada em pacientes portadoras de implantes mamários (silicone) e visam a eliminação ou a redução da sobreposição dos tecidos do corpo mamário com a prótese. É realizada após as incidências padrão. Durante este procedimento; o implante é empurrado para trás; até à parede torácica, de modo a que o tecido mamário possa ser comprimido e visualizado (figura 69, 70).

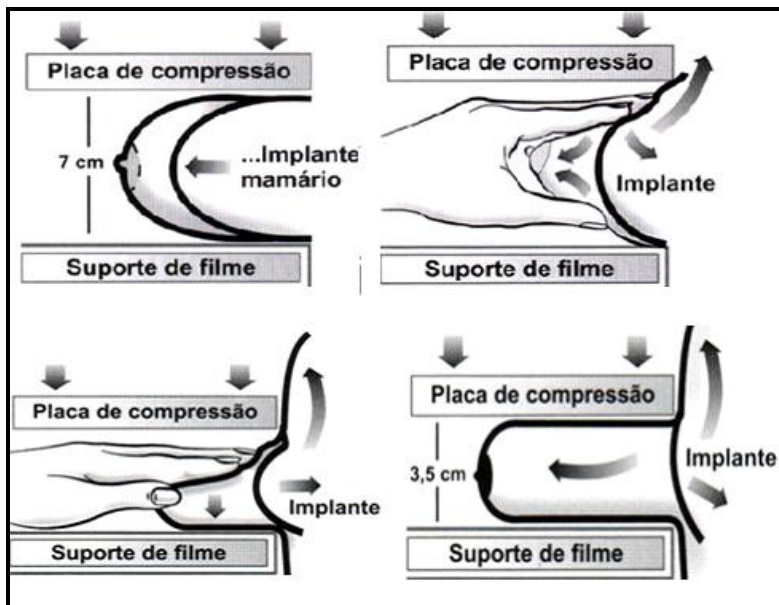


Figura 69 - Manobra de Eklund (Fonte: <http://br.geocities.com/playmagemeventos/protese.htm>)

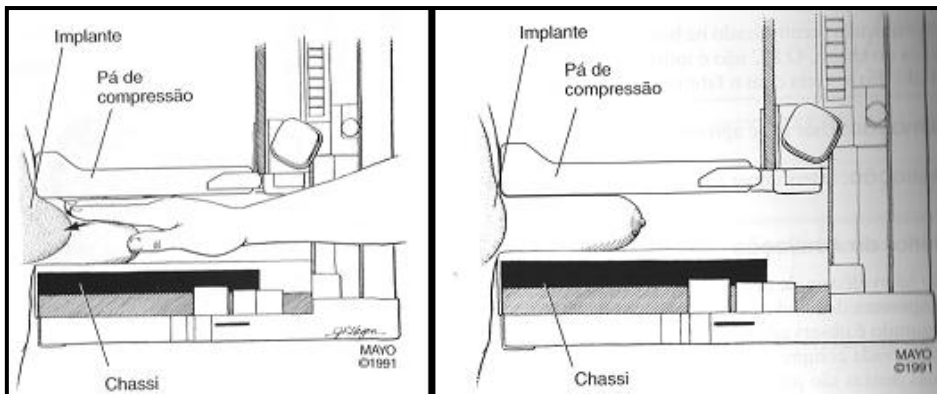


Figura 70 - Posicionamento da técnica de Eklund (fonte: Bontrager)



Figura 71 – Imagem mamográfica da incidência Oblíqua, utilizando a Técnica de Eklund

1.2.2.7. Macrorradiografia

Nesta incidência utiliza-se um dispositivo para aumentar a distância objecto-filme (DOF) e para compensar a distorção utiliza-se um foco ultra-fino de 0,1mm, que reduz o feixe de radiação às zonas da mama a estudar, utilizando um compressor apropriado.

Normalmente efectua-se uma amplificação linear de 1,5 a 2 vezes, não sendo necessária a utilização de grelhas anti-difusoras (figura 72).

A Macro põe em evidência características morfológicas de grupos de calcificações, fornecendo informações no caso de pequenas áreas com distorção morfoestrutural do tecido mamário. Possibilita uma maior nitidez e detalhe da imagem (figura 74).

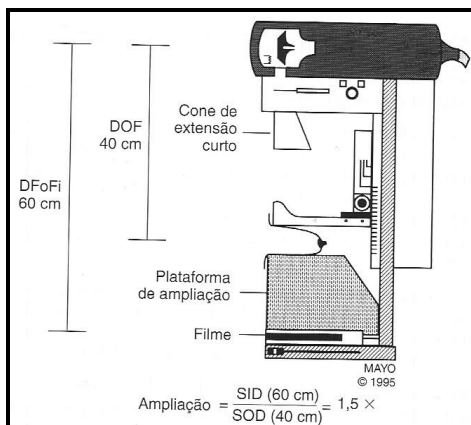


Figura 72 - Esquema da ampliação da mama – Mama em posição sobre uma plataforma elevada para produzir uma imagem com ampliação (fonte: Bontrager)



Figura 73 – Posicionamento da incidência Macro

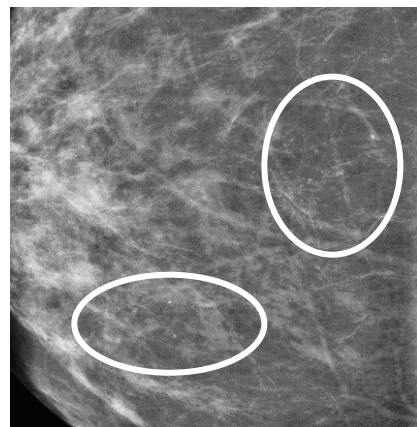


Figura 74 – Imagem mamográfica da incidência Macro, visualizando microcalcificações

Está indicada, como incidência complementar, de modo a:

- Melhorar a definição e caracterização de uma formação nodular;
- Melhorar a caracterização na galactografia (técnica de intervenção mamária) das lesões ocupando espaço intra-ductais;
- Para mamas de dimensão pequena na mulher ou no homem;
- Para casos onde a Mamografia Convencional é equivocada ou indeterminada em dada área localizada e para demonstrar uma lesão só observada numa incidência.

1.2.2.7. Incidências tangenciais

O posicionamento destas incidências é idêntico ao posicionamento das incidências CC e Oblíqua. São realizadas com marcadores de chumbo para despistar eventuais lesões (figura 75). Destinam-se ao estudo de lesões da pele ou simplesmente para demonstrar se determinados achados mamográficos estão localizados sobre a pele ou subcutâneas.

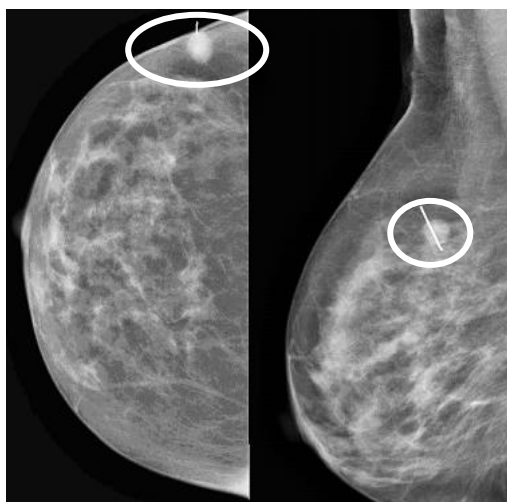


Figura 75 – Imagem mamográfica da incidência Tangencial com Marcação, visualizando a região marcada com marcador de chumbo

1.2.2.8. Incidências Localizadas

Como o próprio nome indica, estas incidências referem-se a zonas específicas, ou seja, deve ser em regra mais localizada, mais colimada que o habitual (figura 76, 77). Circunscrita ao quadrante, á zona duvidosa e com menor campo de visualização. Assim, é menor a radiação difusa, é maior o poder de resolução, o que permite a identificação de detalhes e estruturas mais finas.



Figura 76 – Posicionamento mamográfico da incidência Localizada

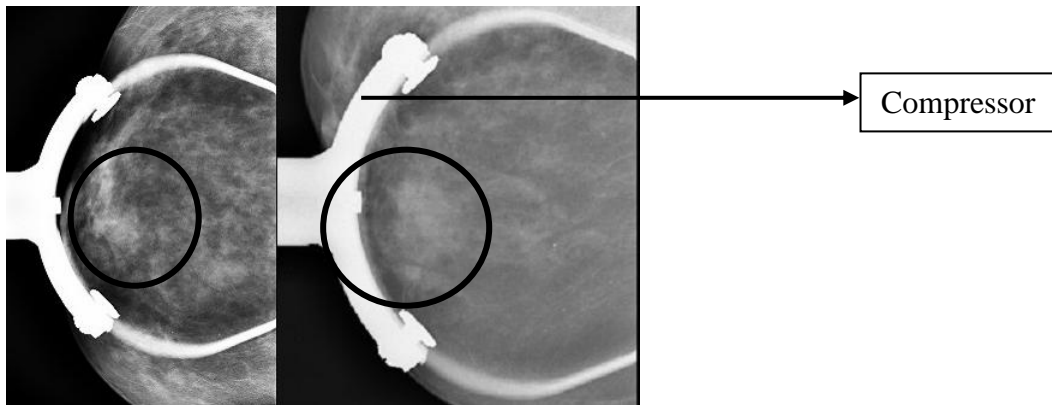


Figura 77 – Imagem mamográfica da incidência Localizada, visualizando em pormenor a região localizada com o compressor apropriado

MAMOGRAFIA	
Incidências Básicas	Incidências Complementares
Crânio-Caudal	Perfil estrito (90°)
Oblíqua	Prolongamento Axilar
	Incidência do “Túnel”
	CC com rotação (interna ou externa)
	Técnica de Ecklund
	Compressão localizada
	Incidências tangenciais
	Macrorradiografia

Tabela 7- Resumo das incidências básicas e complementares utilizadas em Mamografia

Após a realização do exame, inicia-se a interpretação dos resultados. Nesta fase, o Médico Radiologista deve ter uma rotina metódica que permita evitar falhas na avaliação de um exame. Deste modo, é proposto em Pasqualette (1998), uma sequência de passos de uma forma metódica para a avaliação de uma Mamografia.

Primeiro, avaliar os dados da paciente; seguidamente a qualidade do exame; confirmar se a identificação das películas é idêntica à mesma que consta no questionário; avaliar o padrão mamográfico da paciente e relacioná-lo com a anamnese; avaliar a simetria, a pele e o tecido celular subcutâneo, analisar o complexo aréolo-mamilar, e as trabéculas mamárias, investigar eventuais microcalcificações; estudar a axila e a vascularização, observar em especial áreas com anomalias e finalmente, comparar com exames anteriores.

Só após esta metodologia rigorosa deve ser elaborado o relatório, onde deve constar o tipo predominante de tecido, as alterações encontradas, e a proposta de seguimento, com indicação de possíveis ou aconselháveis exames complementares, nomeadamente biópsia, marcação com arpão ou novo controlo dentro de um prazo que se considere o adequado.

O Médico Radiologista deve seguir o “estado da arte” e como tal no final do relatório codificar com a classificação reconhecida internacionalmente, e que traduz o consenso em Senologia, a classificação BI-RADS.

CAPÍTULO VIII

ULTRASSONOGRAFIA MAMARIA

1. Introdução

A Ultrassonografia é um método de diagnóstico por imagem que aproveita o eco produzido pelo som, para ver em tempo real as sombras produzidas pelas estruturas e órgãos do organismo.

A Ultrassonografia Mamária é um exame destinado ao estudo da mama, quer em situações como exame de diagnóstico de primeira linha (mulheres jovens e grávidas), quer como complemento de outros exames, em particular da Mamografia, especialmente em mamas de elevada densidade radiológica ou para ajudar a esclarecer alterações observadas na Mamografia. É considerada como método auxiliar da Mamografia, tendo como principais vantagens, o menor custo e a não utilização de radiação ionizante. Além da sua capacidade em distinguir na maioria das vezes, entre lesão cística e sólida, pode ajudar a diferenciar entre lesão benigna e maligna, ajudando assim a aproximar correctamente do diagnóstico. Este exame é útil em ajudar a elucidar achados clínicos que vão desde uma área de protrusão do Ligamento de Cooper, simulando nódulo ou condensação, até neoplasias não visualizadas em mamas densas ou mesmo em mamas com moderada substituição adiposa (Planche, K., 2004).

1.1. Ultrassonografia - Definição

Os ultrassons são ondas que se propagam pela vibração mecânica da matéria. É realizado com um transdutor que emite som nas frequências de 2 milhões a 20 milhões de hertz (Hz), inaudível pelo ouvido humano (20kHz). Ao chocarem com os órgãos e estruturas de tecido, as ondas sonoras sofrem ecos, com tempos de retorno diferentes de acordo com a densidade do tecido e são apresentadas na película/monitor, de acordo com a escala de 256 tons de cinzento.



Figura 78 - Exemplos de ecógrafos (Fonte: www.siemens.com)

1.2. Ultrassonografia Mamária

Sons de alta-frequência são produzidos pela vibração de um transdutor que ao passar pela mama reflecte os ecos, de volta ao transdutor, onde são reconvertidos em sinais eléctricos, criando uma imagem das estruturas pela qual passou a sonda. Actualmente, a Ultrassonografia Mamária pode ser obtida com a ajuda de uma sonda de alta-frequência (10 a 14MHz) para a avaliação de áreas específicas e finas secções.

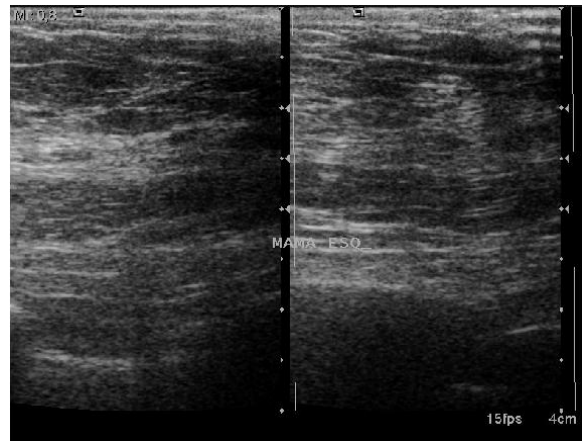


Figura 79 – Imagem radiológica de Ultrassonografia Mamária

1.3. Ultrassonografia Mamária – A sua evolução

No início da sua aplicação não existiam as sondas de alta-frequência disponíveis actualmente. A Ultrassonografia com imersão da mama em água era mais eficaz que em contacto directo. Na altura, considerava-se um exame muito dispendioso e muito demorado. Quando disponível, limitava-se a diferenciar lesões sólidas das quísticas, desde que tivessem diâmetro superior a 1cm.

A primeira referência descrita na literatura do uso da Ultrassonografia Mamaria foi em 1951, quando Wild e Neal divulgaram os seus estudos, descrevendo as características acústicas, in vivo, de dois tumores mamários, um benigno e um maligno (Dempsey Pj., 2004).

Com a introdução da escala de cinzentos na década de 70, por Kossof, surgiu uma melhor acuidade da Mamografia quando associada à Ultrassonografia. Mais tarde, com o aparecimento de ecógrafos em tempo-real, de sondas lineares de 5MHz, habitualmente com uma bolsa de água ou pequena camada de silicone acopladas e com uma melhoria na resolução da imagem ecográfica, a Ultrassonografia Mamária assumiu um papel preponderante na propedêutica mamária (Gordon PB, 2002).

Avanços em alta tecnologia ecográfica nas altas_frequências, nos últimos 10 anos estenderam as indicações e a eficácia da ecografia na mama. Actualmente, a Ultrassonografia Mamária é realizada através de transdutores lineares de alta_frequência (entre 7,5 e 13MHz), onde são observadas as duas mamas em tempo real, quadrante por quadrante, segundo os planos sagital e axial. As regiões axilares são de igual modo observadas e analisadas.



Figura 80 - Transdutores utilizados na Ultrassonografia Mamária

Além do registo fotográfico de todos os quadrantes, segundo os planos sagital e axial, devem ainda ser registados fotograficamente todas as massas sólidas ou líquidas, em dois planos perpendiculares, e medidos os seus diâmetros.

1.4. Vantagens da sua aplicação

Por se tratar de um exame sem radiação ionizante, de execução simples e rápida, é bem tolerada e aceite pelas pacientes (Paulinelli RR., 2004). É considerada um dos métodos por imagem em tempo real amplamente acessível, a Ultrassonografia representa uma excelente orientação para procedimentos invasivos, permitindo a escolha do menor trajecto da pele até a áreas de interesse, com maior rapidez e mínimo desconforto para a paciente (Lucena CEM., 2002).

Após a Mamografia, é o exame mais relevante na mama. É considerado o exame de eleição para mulheres jovens, antes dos 30 anos. Actualmente, são frequentes lesões, na maioria neoplásicas, que apenas são demonstradas através da ecografia mamária, e que sendo inequívocas de malignidade impõem biópsia, mesmo na ausência de alterações mamográficas. É considerada uma parte integrante da Imagiologia Mamária (Hou MF. et al, 2002).

Alguns autores defendem a aplicação da Ultrassonografia ao rastreio do cancro da mama, no entanto, esta tem uma sensibilidade inferior à da Mamografia em rastreio. Alterações como distorções arquitecturais e microcalcificações que são bem detectadas através da Mamografia podem ser difíceis ou impossíveis de se visualizar através da ecografia (Kaplan SS., 2001). Utiliza-se a Mamografia como primeiro exame de rastreio em mulheres acima dos 40 anos. Sempre que a densidade mamária seja elevada deve ser complementada com ecografia, uma vez que a Ultrassonografia tem maior especificidade, em mamas densas.

Mostra-se de grande valor no estudo da parede torácica após mastectomia e na mama reconstruída com prótese de silicone. É útil no diagnóstico de ruptura intra e extracapsular e permite detectar degeneração no conteúdo das próteses. É também utilizada na medição de tumores e na detecção de lesões multifocais.

É considerada a técnica de eleição para orientar procedimentos de intervenção, tais como, drenagem de colecções líquidas, marcação pré-cirúrgica e biópsia por agulha grossa. Com o desenvolvimento da tecnologia Ultrassonográfica e do Doppler e o aparecimento dos produtos de contraste, abriram a novas aplicações à Ultrassonografia, permitindo melhor contributo no diagnóstico diferencial, caracterização da vascularização tumoral e avaliação da resposta dos tumores à quimioterapia.

Em algumas situações, é o exame de primeira linha no estudo da mama. É o caso das mulheres jovens, grávidas e lactantes.

É de grande importância como complemento da Mamografia, especialmente em mamas de elevada densidade radiológica ou para ajudar a esclarecer algumas alterações observadas na Mamografia.

Muitas vezes detecta pequenas lesões (até mesmo cancros), antes de serem detectados clinicamente ou por vezes até ocultos na Mamografia, devido à elevada densidade radiológica, nomeadamente em mamas fibroadenósicas.

CAPITULO IX

Considerações Finais

Ao atingir o final do presente estudo e ao reflectir sobre os seus objectivos, considera-se que os propósitos inerentes à sua realização foram alcançados. O objectivo do presente trabalho foi elaborar uma actualização sobre o Estado da arte em Mamografia e estabelecer os critérios de qualidade indispensáveis a um trabalho técnico de elevado rigor e competência, exigidos hoje ao Técnico de Radiologia, comprometendo-o no diagnóstico do Cancro da Mama.

Da revisão sistemática efectuada, ressalta que só o diagnóstico precoce, através de Mamografia de rigorosa qualidade e programas sistemáticos de rastreio de base populacional, podem reduzir a mortalidade pelo Cancro da Mama.

Desde o aparecimento da técnica Mamográfica, ocorreram evoluções tecnológicas importantes. A tecnologia digital, actualmente disponível, apresenta vantagens relativamente à tecnologia convencional. Há actualizações constantes que permitem melhorar a técnica digital nomeadamente reduzir os custos, aumentar a sensibilidade e especificidade, bem como aliar-se a Técnicas de Computação como Computed Assisted Diagnostic (*CAD*).

A Mamografia resulta deste modo no método de diagnóstico indispensável, complementado pela Ultrassonografia, para contribuir para a redução da mortalidade e morbidade numa das patologias com maior incidência nos países desenvolvidos.

Há novos métodos de diagnóstico como a Elastossonografia e todas as Técnicas de Intervenção que estão em contínua evolução, bem como a Ressonância Magnética, que são abordadas neste trabalho, porque constituem os elementos coadjuvantes inovadores que têm sido convocados pelos Profissionais na área da Senologia, para melhorar as capacidades técnicas e a acuidade do diagnóstico.

A expectativa é que o presente trabalho possa motivar todos os Profissionais de Saúde para uma valorização contínua, particularmente na área da Senologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, E., et al. - *Architecture and first prototype tests of the Clear-PEM electronics systems*. In Medical Imaging Conf. MIC/IEEE 2004, Rome, Italy

Basset LW, Farria DM, Bansal S, Farquhar MA, Wilcox PA, Feig SA. - *Reasons for failure of a mammography unit at clinical image review in the American College of Radiology Mammography Accreditation Program*. Radiology 2000; 215:698-702

Bauab SP. - *Mamografia Digital: um caminho sem volta*. Editorial. Radiol Brás. 2005; 38 (3): III-IV

Baum F, Fischer U, Obenauer S, Muller S, Benali K, Grabbe E. - *Computer-Assisted-Diagnosis (CAD) in Direct Full Field Digital Mammography (FFDM): Preliminary Results*. Presented at the European Congress Radiology; 2002

Beck RM, Gutz L., Heywang-Kubrunner SH. - *Stereotaxic vacuum core breast biopsy: experience of 560 patients*. Swiss Surg 2000; 6(3): 108-10

Bontrager, k. L. - *Tratado de Técnica Radiológica e Base Anatômica*. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003

Breast Imaging Reporting and Data System, Bi-Rads, 4th edition, 2003, American College of Radiology

Boyle P. - *Current situation of screening for cancer*. Ann Oncol 2002; 13 Supl 4: 189-98

Bushong, S. - *Radiologic Science for Technologists*. 7ª Edição. St. Louis (USA): Ed. Mosby, 2001

Chaloner, Paul e Périard, Michel A. - *Diagnostic X-Ray Imaging Quality Assurance: An Overview*. Canada, 1996

Cowen AR, Kengyelics SM, Davies AG. *Solid-state, flat-panel, digital radiography detectors and their physical imaging characteristics*. Clin Radiol., 2008; 63 (5): 487-98

Cunha, C. - *Atlas de Imagiologia Mamária*. (1ªed.). Lisboa: Centro de Senologia Dr. Ernesto Passos Ângelo, Dr. Cláudio Cunha (1990)

Dempsey PJ. - *The history of breast ultrasound*. J Ultrasound Med 2004; 23: 887-894

Dershaw DD. - *Mammography current status and high risk screening*. 30 Conferência sobre cancro de mama. Dallas, 2002

DGS. - *Plano Oncológico Nacional 2004-2010. Vol I - Prioridades*

Diário da República decreto de lei nº180/2002 de 8/8

Dias, M.A. - *Cancro da Mama: A (contra) informação dos mass media*. In M.R. Dias & E. Dura (Coords.), *Territórios da Psicologia Oncológica* (pp. 235-264). Lisboa: Climepsi Editores, 2002

Doting MHE, Jansen L, Nieweg OE, et al. - *Lymphatic mapping with intralesional tracer administration in brest carcinoma patients*. *Cancer* 2000; 88(11):2546-52

Douglas ianelli, Tecnólogo e Técnico em Radiologia. Disponível em linha <http://www.tecnologiaradiológica.com>, acessido em 23/06/2008

Eiras AL, Koch HA, Peixoto JE. - *Parâmetros envolvidos na qualidade da imagem mamográfica – revisão dos fundamentos teóricos*. *Rev. Imagem* 2000; 22:113–8

European guidelines for quality assurance in mammography screening. Thirt edition, 2003

Evans, K. et al. - *Digital mammography: The Promise pf improved Breast Cancer Detection*. *Radiology Imaging*, 2007

Farr and P.J. Allisy-Roberts. - *Physics for Medical Imaging*: W. B. Saunders Company Ltd, 2001

Ferrari, B. L.; Marinho, R. M.; Rocha, M. L. L.; Silva, H. M. S. - *Considerações sobre as doenças na mama*. In Baracho, E. *Fisioterapia à Obstetrícia: aspectos de Ginecologia e Neonatologia*. 3ªed. Rio de Janeiro: Medsi Lda, 2002

Fletcher SW. - *Predicting the Cumulative Risk of false-positive mammograms*. Journal of the national cancer institute 2000; 92 (20)

Freitas, A. et al. - *Mamografia digital: perspectiva actual e aplicações futuras*. Radiologia Brasileira, 2006, 39 (4): 287-296

Funke M, Breiter N, Hermann KP, Oestmann Jw, Grabbe E. - *Storage phosphor direct magnification mammography in comparison with conventional screen-film mammography – a phantom study*. Br J. Radiol 1998; 71:528-34

Funke M, Breiter N, Hermann KP, Oestmann Jw, Grabbe E. - *Magnification survey and spot view mammography with a new microfocus X-ray unit: detail resolution and radiation exposure*. Eur Radiol 1998; 8: 386-90

Gaspar, A. - *RM dinâmica da Mama*, In: Acta Radiológica Portuguesa, Lisboa: Edição Sociedade Portuguesa de Radiologia e Medicina Nuclear; 2006, p. 115-117

GE Medical Systems. GE Healthcare and Qatar Science and Technology Park to research advanced technologies for breast cancer detection. Disponível em linha <http://www.ameinfo.com>, acedido em 23/06/2009

Gordon PB. - *Ultrasound for breast cancer screening and staging*. Radiol Clin North Am 2002; 40: 431-41

Gotzsche PC, Olsen O. - *Is screening for breast cancer with mammography justifiable?* Lancet 2000; 355: 129-34

Guyton & Hall. – *Tratado de Fisiologia Médica*. Editora Guanabara Koogan S.A., 1991

Hedrick WR, Poulton TB, Starchman DE, Tobias TE. - *Unusual artefact with mammography film*. Radiology 1998; 206: 835-7

Heywang-Kobrunner SH, Schreer I, Dershaw DD, et al. - *A mama radiograficamente densa. Mama – Diagnostico por imagem*. 1nd ed. Rio de Janeiro, Rj: Revinter, 1999:357-370

Hogge JP, Palmer CH; Muller CC, et al. - *Quality assurance in mammography: artefact analysis*. Radiographics 1999; 19: 503-22

Hou MF, Chuang CH, Ou-Yang F et al. - *Comparasion between sonography and mammography for breast cancer diagnosis in oriental women after augmentation mammaplasty*. Ann Plast Surg 2002; 49: 120-6

Huda, Walter, Sajewicz, Anthony M., Ogden, Kent M., Scalzetti, Ernest M., Dance, David R. - *How Good is the ACR Accreditation Phantom for Assessing Image Quality in Digital Mammography?*, Academic Radiology, Vol 9, No 7, 2002

Hulka B.S., Stark AT. - *Breast cancer: cause and prevention*. Lancet 1995; 346:883-7

Jackson V.P. - *Screening mammography: controversies and headlines*. Radiology 2002; 225: 323-326

Jansen L, Doting HE, Rutgers EJT, Vries J, Olmos RAV, Nieweg OE. - *Clinical relevance of sentinel lymph nodes outside the axilla in patients with breast cancer*. Br j Surg 2000, 87:920-5

Kaplan SS. - *Clinical utility of bilateral whole-breast US in the evaluation of women with dense breast tissue*. Radiology 2001; 221: 641-9

Kavita, M. et al. - *Positron emission mammographic instrument: initial results*. Radiology 2000, 215: 280-285

Kheddache S, Thilander-Klang A, Lanhede B, et al. - *Storage phosphor and film-screen mammography: performance with different mammography techniques*. Eur Radiol 1999; 9:591-7

Kopans, Daniel B. (2000). - *Imagem da Mama*. (2ªed.). Rio de Janeiro: Medsi Editora Médica e Científica Lda

Kopans DB. - *Mamografia e mama normal*. Imagem da mama. 2nd ed. Rio de Janeiro, Rj: Revinter, 2000:229-246

Korner M, Weber CH, Wirth S, Pfeifer KF, Reiser MF, Treiti M. *Advances in digital radiography: physical principles and system overview*. Radiographics, 2007; 27 (3): 675-86

Kruinski EA, Williams MB, Andriole K, Strauss KJ, Applegate K, Wuatt M et al. *Digital radiography image quality: image processing and display*. J Am Coll Radiol., 2007; 4 (6): 389-400

Lecoq, P. and Varela, J. - *Clear-PEM, a dedicated PET camera for mammography*. Nucl. Instrum. Meth. A, vol.486, pp. 1-6, 2002

Liga de Neurocirurgia, Sistemanervoso.com. Disponível em linha <http://www.sistemanervoso.com>, acesso em 11/06/2006

Lima, P. - *Física dos Métodos de Imagem com Raios X*: Edições ASSA, 1995

Lucena CEM. - *Procedimentos intervencionistas mamários guiados por ultra-som*. Feminina 2002; 30: 537-541

Luciano Santa Rita Oliveira, Tecnólogo em Radiologia. Disponível em linha http://www.lucianosantarita.pro.br/Fisica_conceitos.html, acessado em 17/05/2009

Magalhães Lag, Azevedo, ACP, Carvalho ACP. - *A importância do controle de qualidade de processadoras automáticas*. Radiol Brás 2002; 35:357-63

Majid AS, De Paredes ER, Doherty RD, et al. - *Missed breast carcinoma: pitfalls and pearls*. Radiographics 2003; 23:881-895

Matela, N., et al. - *System matrix for Clear-PEM using ART and linograms*. In Medical Imaging Conf. MIC/IEEE 2004, Rome, Italy

Medical Consult. – *Controlo de Qualidade do Equipamento de Mamografia*, in Serviço de Protecção Radiológica: Unidade de Controlo de Qualidade, 2008

Miller Ab, To T, Baines Cj, Wall C. - *The Canadian national Breast Screening Study-1: breast cancer mortality after 11 to 16 years follow-up. A randomized screening trial of mammography in women age to 40 to 49 years*. Ann in tem Med 2002; 137 (5 Part 1): 305-12

Motta, H. - *Considerações sobre o Controlo de Qualidade em Radiodiagnóstico no Brasil*, in II Workshop em Normalização e Certificação de Equipamentos Eléctromédicos. São Paulo, 1997

NHS Breast Screening Programme (NHSBSP). *Routine quality control testes for full field digital mammography systems*. Prepress Projects Ltd, Perth, UK, 2007

Obenauer S, Luftner-Nagel S, von Heyden D, Munzel U, Baum F, Grabble E. - *Screen-fil vs full-field digital mammography: image quality, detectability and characterization of lesions*. Eur Radiol 2002; 12: 1697-702

Olsen O, Gotzsche PC. - *Cochrane Review on screening for breast cancer with mammography*. Lancet 2001; 358: 1340-2

Organização Mundial de Saúde. - *As metas da Saúde para todos: metas da estratégia regional europeia da saúde para todos*. Lisboa: Departamento de Estudos e Planeamento do Ministério da Saúde, 1985

Papp J. - *Quality management in the imaging sciences*. St Louis: Mosby, 1998

Pascalichio JC, Fristachi CE, Baracat FF. - *Câncer de mama: factores de risco, prognósticos e preditivos*. Rev Bras Mastol 2001;11: 71– 84

Pascoal, A. - *Especificidades da Técnica Mamográfica*. In: Acta Radiológica Portuguesa, Lisboa: Edição Sociedade Portuguesa de Radiologia e Medicina Nuclear; 2008, p. 19-21

Pasqualette HA. - *Prevenção secundária do câncer de mama. In: Pasqualette HA, Koch HA, Soares-Pereira PM, Kemp C. Mamografia actual. Rio de Janeiro, RJ: Revinter, 1998; 89-97*

Paulinelli RR, Moreira MAR, Júnior RF. - *A importância do diagnóstico precoce do câncer de mama. Feminina 2004 Abril; 32(3): 233-237*

Peer PGM, Verbeek ALM, Straatman H, et al. - *Age-specific sensitivities of mammographic screening for breast cancer. Breast cancer Research and Treatment 1996; 38:153-160*

Pics Digger. Disponível em linha <http://www.imagingeconomics.com>, acessado em 12/03/2009

Pires, Glauberb. - *Arquitetura para um sistema de diagnóstico auxiliado por computador. Departamento de Informática, Universidade Federal de Paraíba – Brasil, 2006*

Pisano ED, Gatsonis CA, Hendrick RE, Yaffe MJ, Baum JK, Acharyya S, Conant E F, Fajardo LL, Basset LW, D'Orsi CJ, Jong R, Rebner M. - *Diagnostic Performance of Digital versus Film Mammography for Breast-Cancer Screening. New Engl J Med 2005; 353*

Pisano ED, Gatsonis C., Hendrick E., et al. - *Digital Mammographic Imaging Screening Trial (DMIST) Investigators Group*. Diagnostic performance of digital versus film mammography for breast cancer screening. N. Engl J. Med. 2005; 353: 1773-83. Epub September 16, 2005

Pisano ED, Yaffe M. - *Digital mammography*. Breast Dis 1998; 10:127-36

Pisco, J. M. - *Imagiologia Básica: Texto e Atlas*. Lisboa: Editora Lidel, 2003

Planche, K. - *Breast Imaging in the new era*. Cancer Imaging, 2004; 4(2): 39-50

Saarenma I, Salminen T, Geiger U, et al. - *The effect of age and density of the breast on the sensitivity of breast cancer diagnostic by mammography and ultrasonography*. Breast Cancer Research and Treatment 2001; 67:117-123

Schulz-Wendtland R, Fuhsjager M, Wacker T, Hermann KP. *Digital mammography: an update*. Eur J Radiol. In press 2009

SEFM – SEPR. - *Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, Aspectos Técnicos*. Madrid, 1996

Seeley, Stephens, Tate. - *Anatomia e Fisiologia*, 3ª ed. , Editor: Mosby, 1997

Séradour B. - *Le dépistage du cancer du sein*. Springer, Paris, 2004

Silva, C. - *Rastreamento oncológico: Adesão das mulheres ao auto-exame da mama*. In J. Ribeiro, I. Leal, & M. Dias (Eds.), *Actas do 3º Congresso Nacional de Psicologia da Saúde* (pp. 505-520). Lisboa: ISPA, 2000

Smith RA, Cokkinides V, Eyre HJ. - *American Cancer Society Guidelines for the Early Detection of Cancer*. *Cancer J Clin* 2006 jan/fev; 56(1):11-25

Souen, J. - *Lesões Precoces no Cancer de Mama*. *Revista da Sociedade Brasileira de Cancerologia*. Disponível em linha <http://www.rsbcancer.com.br/rsbc/artigo2.asp>, acessado em 11/06/2006

Suryanarayanan S, Karellas A, Vedantham S, Ved H, Baker SP, D'Orsi CJ. - *Flat-panel digital mammography system: contrast detail comparison between screen-film radiographs and hard-copy images*. *Radiology* 2002; 225:801-7

Tabar L, Vitak B, Chen HHT, Yen MF, Duffy SW, Smith RA. - *Beyond randomized controlled trials: organized mammographic screening substantially reduces breast carcinoma mortality*. *Cancer* 2001; 91: 1724-1731

Tabar, L. et al. - *Beyond randomizes controlled trials*. *Cancer*, v.91, p. 1724-31, 2001

The ACR Breast Imaging Reporting and Data System (Bi-Rads). 4rd. ed. American College of Radiology. http://www.acr.org/s_acr/bin.asp?

Trindade, A., et al. - *Cear-PEM performance simulation and experimental studies*. In Proc. Medical Imaging Conf. MIC/IEEE 2003, Portland, OR

Undrill PE, O’Kane AD, Gilbert Fj. - *A comparison of digital and screen-film mammography using quality control phantoms*. Clin Radiol 2000; 55:782-90

U.S. Food and Drug Administration. *Reclassification of Full-Field Digital Mammography Systems*. Disponível em URL: www.fda.gov

Veronesi U, Orechia R., Luini A et al. - *Preliminary report on intraoperative radiotherapy in limited-stage breast cancers that are conservatively treated*. Eur J. Cancer 2001; 37: 2178-2183

Woodward, P. - *Mri FOR Technologists*. 2ª ed., California, McGraw-Hil, 2001

Fontes eletrônicas:

www.clinimater.com.br/images/anat_mama, acessado em 08/02/2009

www.iarc.fr, International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, acessado em 27/11/2008

www.observatoriodoalgarve.com, Portal da Saúde, Ministério da Educação, acessado em 22/05/2009

w3.iihe.ac.be/.../2%20ClearPEM/PEM, The Clear-PEM Project, Bruxelles Brussel, acessado em 15/06/2009

www.tecnologiaradiologica.com, acessado em 15/06/2009