



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

ROSANGELA DA SILVEIRA CORRÊA

**MAMOGRAFIA: INFRAESTRUTURA, COBERTURA,
QUALIDADE E RISCO DO CÂNCER RADIOINDUZIDO
EM RASTREAMENTO OPORTUNÍSTICO NO ESTADO
DE GOIÁS**

**Goiânia
2012**

ROSANGELA DA SILVEIRA CORRÊA

**MAMOGRAFIA: INFRAESTRUTURA, COBERTURA,
QUALIDADE E RISCO DO CÂNCER RADIOINDUZIDO
EM RASTREAMENTO OPORTUNÍSTICO NO ESTADO
DE GOIÁS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Goiás para obtenção do Título de Doutor em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Ruffo de Freitas Júnior
Co-orientador: Prof. Dr. João Emílio Peixoto

**Goiânia
2012**

**Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde
da Universidade Federal de Goiás**

BANCA EXAMINADORA DA TESE DE DOUTORADO

Aluna: Rosangela da Silveira Corrêa

Orientador: Professor Doutor Ruffo de Freitas Júnior

Co-orientador: Professor Doutor João Emílio Peixoto

Membros:

1. Professor Doutor Ruffo de Freitas Júnior (Presidente)

2. Professor Doutor João Emílio Peixoto (1º titular)

3. Professor Doutor Alfredo Carlos Simões Dornellas de Barros (2º titular)

4. Professora Doutora Erika Aparecida da Silveira (3º titular)

5. Professor Doutor Vinicius Milani Budel (4º titular)

6. Professora Doutora Rosemar Macedo Sousa Rahal (1º suplente)

7. Professora Doutora Nilza Alves Marques Almeida (2º suplente)

Data: 10/4/2012

“Há quem diga que todas as noites são de sonhos. Mas há também quem garanta que nem todas, só as de verão. No fundo, isso não tem muita importância. O que interessa mesmo não são as noites em si, mas os sonhos. Sonhos que o homem sonha sempre, em todos os lugares, em todas as épocas do ano, dormindo ou acordado”.

William Shakespeare

Dedico este trabalho

Aos meus filhos, **Luiz Paulo** e **Anna Luiza**, que são frutos de um sonho e a inspiração da minha vida. Sonhem, meus filhos, e não deixem de lutar por eles. AMO VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

Agradeço

A Deus, por iluminar o meu caminho e me dar força para percorrê-lo.

À minha família, meus pais, meus irmãos, minhas queridas tias Marília e Célia e à mais nova integrante da família, Gabrielle, pelo carinho, amor e perseverança.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ruffo de Freitas Júnior, pela oportunidade, orientação, disponibilidade e atenção durante a realização do trabalho e, principalmente, por me mostrar nas Campanhas que podemos fazer o bem.

Ao Dr. João Emílio Peixoto, pela co-orientação, pela competência e grande visão de quem sabe aonde quer chegar.

À Direção do Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste (CRCN-CO) e à Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), pela oportunidade e apoio institucional, que permitiram a realização deste trabalho.

À Superintendência de Vigilância em Saúde, em especial a Lucy, Noriko e Rodrigo, e ao Departamento de Vigilância Municipal de Goiânia, ao Dagoberto, Suzana, Fernanda e Antônio, pela parceria no desenvolvimento do trabalho.

À Universidade Federal de Goiás (UFG), aos queridos colegas que fiz na pós-graduação, Rodrigo Disconzi, Magno Belém, Carolina Gonzaga, Nilceana, aos professores, aos funcionários e à banca examinadora.

À Equipe do Programa de Mastologia, em especial a Brunella, Profa. Dra. Nilza e toda a equipe da Liga da Mama, pela troca de experiência.

À minha querida amiga Danielle Cristina, por confiar, me querer bem, e estar presente com incentivo e força indispensáveis para a conclusão deste trabalho.

À Profa. Dra. Rosemar Rahal, por sua simplicidade, carinho e por me querer presente em seus projetos.

Aos meus amigos da CNEN/Brasília, Cintia, Eduardo, Ulisses, Iêda, Elizabete e Eudiléia, que sempre estiveram prontos para me ajudar.

Em especial, ao meu amigo Rubemar Ferreira, por ser responsável pelo início de tudo.

Aos servidores da CNEN/CRCN-CO, em especial a Maria Eugênia, Lucinei e Jania Rabello, pelo comprometimento e dedicação no desenvolvimento deste trabalho. Sem vocês, as coisas seriam muito mais difíceis. E Celina, pois para terminar de escrever esta tese, o seu apoio me foi imprescindível.

À Rosidalva, da Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia de Goiás, pelo apoio, carinho e atenção.

À Suzana Oellers, minha mais nova amiga, pela revisão deste trabalho. Você é especial!

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| TABELAS E FIGURAS | x |
| SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS | xvi |
| RESUMO | xix |
| ABSTRACT | xxi |
| 1 INTRODUÇÃO | 23 |
| 1.1 Rastreamento do câncer de mama: detecção precoce | 25 |
| 1.1.1 <i>Mamografia</i> | 28 |
| 1.1.2 <i>Mamógrafo</i> | 31 |
| 1.2 Riscos inerentes à mamografia | 34 |
| 1.2.1 <i>Indução de câncer</i> | 34 |
| 1.2.2 <i>Erros de diagnóstico</i> | 36 |
| 2 OBJETIVOS | 39 |
| 2.1 Objetivo geral | 39 |
| 2.2 Objetivos específicos | 39 |
| 3 MÉTODOS | 40 |
| 3.1 Aspectos éticos | 40 |
| 3.2 Área de estudo | 40 |
| 3.3 Tipo de estudo | 40 |
| 3.4 Coleta de dados | 41 |
| 3.4.1 <i>Etapa 1: levantamento de dados sobre a infraestrutura</i> | 41 |
| 3.4.2 <i>Etapa 2: avaliação da qualidade da imagem, dos parâmetros de desempenho e da dose de radiação</i> | 42 |
| 3.4.2.1 <i>Avaliação da qualidade da imagem</i> | 43 |
| 3.4.2.2 <i>Avaliação dos parâmetros de desempenho</i> | 46 |
| 3.4.2.3 <i>Determinação da dose glandular média (Dg) a partir da medida do kerma no ar (K_i)</i> | 53 |
| 3.5 Análise dos dados | 54 |

| | |
|--|-----|
| 4 PUBLICAÇÕES | 55 |
| Artigo 1 – Estimativa da cobertura mamográfica no Estado de Goiás, Brasil | 57 |
| Abstract | 57 |
| Introdução | 58 |
| Métodos | 59 |
| Resultados | 62 |
| Discussão | 69 |
| Conclusão | 72 |
| Resumo | 72 |
| Colaboradores | 73 |
| Agradecimentos | 73 |
| Referências | 73 |
| Artigo 2 – Efetividade de programa de controle de qualidade em mamografia para o Sistema Único de Saúde | 79 |
| Resumo | 80 |
| Abstract | 81 |
| Introdução | 82 |
| Metodologia | 83 |
| Resultados | 87 |
| Discussão | 92 |
| Conclusão | 96 |
| Agradecimentos | 97 |
| Referências | 97 |
| Artigo 3 – Análise da infraestrutura para o rastreamento mamográfico no estado de Goiás, Brasil, 2010 | 100 |
| Resumo | 100 |
| Abstract | 101 |
| Introdução | 102 |
| Método | 103 |
| Resultados | 107 |

| | |
|---|------------|
| Discussão | 115 |
| Conclusão | 118 |
| Referências | 118 |
| Artigo 4 – Estimativa do risco de câncer radioinduzido em rastreamento mamográfico | 122 |
| Resumo | 122 |
| Abstract | 123 |
| Introdução | 124 |
| Materiais e métodos | 126 |
| Resultados | 133 |
| Discussão | 141 |
| Conclusão | 147 |
| Referências | 147 |
| 5 CONCLUSÕES | 153 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 154 |
| REFERÊNCIAS | 156 |
| ANEXOS | 165 |
| Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética | 165 |
| Anexo 2 – Instrumento de coleta de dados | 167 |
| Anexo 3 – Artigo 1 publicado em Cadernos de Saúde Pública | 173 |
| Anexo 4 – Normas de publicação do periódico Cadernos de Saúde Pública | 183 |
| Anexo 5 – Normas de publicação do periódico Revista de Saúde Pública | 190 |
| Anexo 6 – Normas de publicação do periódico Radiologia Brasileira | 206 |

TABELAS E FIGURAS

INTRODUÇÃO

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1. | Representação espacial das taxas brutas de incidência de câncer de mama por 100 mil mulheres, estimadas para 2012, conforme a Unidade da Federação (neoplasia maligna de mama feminina). | 24 |
| Tabela 1. | Características e resultados do rastreamento mamográfico do câncer de mama, por estudo. | 26 |
| Figura 2. | Processo de produção da mamografia. | 30 |
| Figura 3. | Variação do coeficiente de atenuação linear em função da energia dos fótons empregados em mamografia. | 31 |
| Figura 4. | Equipamento de mamografia. | 32 |
| Figura 5. | Esquema do mamógrafo e seus principais componentes. | 33 |

MÉTODOS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 6. | Simulador radiográfico de mama. | 43 |
| Figura 7. | Limites de aceitação para a visibilização dos objetos de testes no phantom mama utilizados para a avaliação dos limiares de definição e contraste da imagem. | 45 |
| Figura 8. | Dosímetro clínico com detector de estado sólido Unfors, Mult-O-Meter 535L. | 46 |
| Figura 9. | Arranjo e resultado do teste de alinhamento entre o campo de raios-X e o filme radiográfico. | 47 |
| Figura 10. | Diversas espessuras do phantom mama e resultado do teste do controle automático de exposição (CAE). | 48 |
| Figura 11. | Arranjo do teste da força de compressão. | 49 |
| Figura 12. | Arranjo do teste de alinhamento da bandeja de compressão. | 50 |

| | | |
|--|---|----|
| Figura 13. | A. Malha metálica. B. Resultado do teste de integridade dos chassis. | 50 |
| Figura 14. | Densitômetro, sensitômetro e termômetro e medida da densidade ótica (DO) dos 21 degraus da tira sensitométrica utilizada para o controle do processamento. | 51 |
| | | |
| ARTIGO 1 – Estimativa da cobertura mamográfica no Estado de Goiás, Brasil | | |
| Tabela 1. | Distribuição geográfica dos mamógrafos em uso por regional de saúde e das mulheres nas faixas etárias de 40 a 69 anos e de 50 a 69 anos. Estado de Goiás, Brasil, 2008. | 64 |
| Figura 1. | Representação espacial da relação de mulheres de 40 a 69 anos por mamógrafo em uso de acordo com as regionais de saúde. Estado de Goiás, Brasil, 2008. | 65 |
| Tabela 2. | Estimativa de mamografias para cobertura de 100% e de 70% da população-alvo. Estado de Goiás, Brasil, 2008. ... | 66 |
| Tabela 3. | Número total de mamografias (Sistema Único de Saúde – SUS e não SUS) realizadas por categoria das regionais de saúde e por tipo de atendimento, número de mamografias realizadas pelo SUS por faixa etária e comparações estatísticas. Estado de Goiás, Brasil, 2008. | 67 |
| Figura 2. | Distribuição percentual da cobertura de mamografia para mulheres de 40 a 69 anos, 50 a 69 anos, por tipo de atendimento e por regional de saúde. Estado de Goiás, Brasil, 2008. | 68 |

ARTIGO 2 – Efetividade de programa de controle de qualidade em mamografia para o Sistema Único de Saúde

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1. | A. Simulador radiográfico de mama; B. Imagem do simulador radiográfico de mama produzida nos serviços de mamografia. | 85 |
| Tabela 1. | Distribuição dos serviços de mamografia, por ano de avaliação e comparação estatística, segundo os parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais em conformidade com os padrões, no estado de Goiás, no período de 2007 a 2009. | 88 |
| Tabela 2. | Distribuição dos serviços de mamografia, por ano de avaliação e comparação estatística, segundo os parâmetros de qualidade de imagem do simulador e a dose em conformidade com os padrões, no estado de Goiás, no período de 2007 a 2009. | 90 |
| Figura 2. | Distribuição dos serviços de mamografia, por classe de percentual de conformidade dos parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais, de qualidade de imagem do simulador e da dose, segundo o ano de avaliação, no estado de Goiás, no período de 2007 a 2009. | 91 |
| Figura 3. | Distribuição dos serviços de mamografia, por dose medida na superfície do simulador (kerma de entrada), no estado de Goiás, em 2009. | 92 |

ARTIGO 3 – Análise da infraestrutura para o rastreamento mamográfico no estado de Goiás, Brasil, 2010

| | | |
|------------------|---|-----|
| Tabela 1. | Frequência de variáveis relacionadas aos estabelecimentos de saúde e aos equipamentos de mamografia em uso segundo o tipo de atendimento, no estado de Goiás, em 2010. | 108 |
|------------------|---|-----|

| | | |
|------------------|---|-----|
| Tabela 2. | Caracterização dos mamógrafos avaliados no estado de Goiás, em 2010, de acordo com os parâmetros de seu desempenho e de qualidade da imagem. | 109 |
| Figura 1. | A. Distribuição de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, de acordo com a tensão (kV) medida segundo o tipo de tecnologia. B. Distribuição de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, de acordo com o produto da corrente pelo tempo (mAs) indicado segundo o tipo de tecnologia. | 111 |
| Tabela 3. | Frequência de mamógrafos em conformidade com os parâmetros de avaliação da qualidade da imagem e de desempenho dos equipamentos segundo o tipo de sistema de saúde no estado de Goiás, em 2010. | 112 |
| Tabela 4. | Frequência de mamógrafos em conformidade com os parâmetros de avaliação da qualidade da imagem e de desempenho dos equipamentos segundo o tipo de tecnologia no estado de Goiás, em 2010. | 113 |
| Figura 2. | A. Frequência de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, com tecnologia convencional, de acordo com a dose glandular média (Dg). B. Frequência de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, com tecnologia digital, de acordo com a dose glandular média (Dg). | 114 |

ARTIGO 4 – Estimativa do risco de câncer radioinduzido em rastreamento mamográfico

Figura 1. Curva de sobrevivência dos trabalhos de Coldman e outros (2007) e Coldman e outros (2008) e de Tabár e outros (2003). Para a faixa de 20 a 50 anos, os dados foram inicialmente extrapolados a partir da curva de Coldman e outros (2007) e Coldman e outros (2008)

| | | |
|------------------|--|-----|
| | segundo a curvatura dos dados de Tabár e outros (2003) para a faixa de 18 a 20 anos e, a seguir, extrapolados linearmente entre 20 e 50 anos. | 132 |
| Tabela 1. | Distribuição do número de exames e da dose glandular média (Dg) considerando duas incidências mamográficas (CC e MLO), segundo o tipo de tecnologia, no estado de Goiás, em 2010. | 134 |
| Figura 2. | A. Número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a uma única mamografia entre as idade de 40 e 70 anos, para dose glandular média (Dg) de 4,28 mGy no caso de mamógrafo convencional, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010. B. Número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a uma única mamografia entre as idade de 40 e 70 anos, para Dg de 6,61 mGy no caso de mamógrafo digital, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010. | 136 |
| Figura 3. | Número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a mamografias subsequentes a cada 2 anos, nas faixas etárias de 40 a 70 anos e de 50 a 70 anos, após 10 anos de latência, acompanhados até os 85 anos, para dose glandular média (Dg) de 4,28 mGy no caso de mamógrafo convencional e de 6,61 mGy no caso de mamógrafo digital, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010. | 137 |
| Tabela 2. | Média do número total de casos de câncer de mama radioinduzido normalizado para 100 mil mulheres, por faixa etária de rastreamento, segundo o tipo de tecnologia, no estado de Goiás, em 2010. | 138 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 4. | Número de mortes por câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a mamografias subsequentes a cada 2 anos, nas faixas etárias de 40 a 70 anos e de 50 a 70 anos, acompanhados até os 85 anos, para dose glandular média (Dg) de 4,28 mGy no caso de mamógrafo convencional e de 6,61 mGy no caso de mamógrafo digital, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010. | 139 |
| Tabela 3. | Média do número total de mortes decorrentes de câncer de mama radioinduzido normalizado para 100 mil mulheres, por faixa etária de rastreamento, segundo o tipo de tecnologia, no estado de Goiás, em 2010. | 140 |
| Tabela 4. | Razão entre vidas salvas e vidas perdidas em decorrência de câncer de mama radioinduzido, por faixa etária adotada para o rastreamento mamográfico, no estado de Goiás, em 2010. | 141 |

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|----------------------|---|
| ACS | <i>American Cancer Society</i> |
| ALARA | <i>As low as reasonably achievable</i> |
| BEIR | <i>Biological Effects of Ionizing Radiation</i> |
| CNES | Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde |
| CSR | Camada semirredutora |
| cm | Centímetro |
| CRCN-CO | Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste |
| CBR | Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem |
| CNEN | Comissão Nacional de Energia Nuclear |
| CNPq | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico |
| CAE | Controle automático de exposição |
| CC | Crânio-caudal |
| DO | Densidade ótica |
| DECIT/MS | Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde |
| DATASUS | Departamento de Informática do SUS |
| d | Desvio |
| DFE | Distância foco-filme |
| DEP | Dose de entrada na pele |
| D_g | Dose glandular média |
| Dr. | Doutor |
| Dra. | Doutora |
| x_a | Espessura de alumínio correspondente à leitura L _a |
| x_b | Espessura de alumínio correspondente à leitura L _b |
| ECM | Exame clínico da mama |
| Gy | Gray |

| | |
|---------------------------|---|
| = | Igual |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INCA | Instituto Nacional de Câncer |
| IARC | <i>International Agency for Research on Cancer</i> |
| ICRP | <i>International Commission on Radiological Protection</i> |
| K_i | Kerma no ar |
| kV | Kilovolt |
| L_b | Leitura de exposição imediatamente inferior a L ₀ /2 |
| L_a | Leitura de exposição imediatamente superior a L ₀ /2 |
| L₀ | Leitura inicial de exposição |
| ln | Logaritmo neperiano |
| > | Maior do que |
| ± | Mais ou menos |
| kV_{médio} | Média dos valores medidos para cada valor de tensão |
| MLO | Médio-lateral oblíqua |
| < | Menor do que |
| ≤ | Menor ou igual a |
| mGy | Miligray |
| mm | Milímetro |
| x | Multiplicação, vezes |
| NHSBSP | <i>National Health Service Breast Screening Programme</i> |
| p | Nível de significância estatística |
| no. | <i>Number</i> |
| n. | Número |
| nº | Número |
| OIEA | <i>Organismo Internacional de Energía Atómica</i> |
| OMS | Organização Mundial de Saúde |
| p. | Página, <i>page</i> |
| pl | Pares de linhas |
| PNAD | Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios |
| IP | Placa de imagem |

| | |
|-------------------------|--|
| PMMA | Polimetilmetacrilato |
| % | Por cento |
| mAs | Produto da corrente pelo tempo |
| Prof. | Professor |
| Profa. | Professora |
| PCQM-GO | Programa de Controle de Qualidade em Mamografia no Estado de Goiás |
| kg | Quilograma |
| CR | Radiografia computadorizada |
| DR | Radiografia digital |
| EAR | Risco absoluto em excesso, <i>excess absolute risk</i> |
| SECTEC-GO | Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás |
| SISMAMA | Sistema de Informação do Câncer de Mama |
| SIA | Sistema de Informações Ambulatoriais |
| SUS | Sistema Único de Saúde |
| SBM | Sociedade Brasileira de Mastologia |
| SPSS | <i>Statistical Package for Social Sciences</i> |
| UFG | Universidade Federal de Goiás |
| FDA | <i>U.S. Food and Drug Administration</i> |
| kV_{nom} | Tensão nominal selecionada no equipamento |
| v. | Volume, <i>volume</i> |
| WHO | <i>World Health Organization</i> |

RESUMO

Entre os métodos disponíveis para diagnóstico e detecção precoce de câncer de mama, o mais indicado para o rastreamento em massa é a mamografia. Para garantir sua efetividade, é preciso que esse exame seja realizado com padrão de qualidade ótimo e a menor dose possível. Nesse contexto, a presente pesquisa teve como proposta avaliar a infraestrutura e o desempenho dos equipamentos instalados nos serviços de mamografia no estado de Goiás, no que se refere à cobertura, qualidade da mamografia e proteção radiológica (dose de exposição) das pacientes, tendo em vista a proposta de detecção precoce do câncer de mama por meio de rastreamento oportunístico. Realizou-se um estudo prospectivo, que compreendeu o período de 2007 a 2010, durante o qual foram observados os serviços de diagnóstico por imagem que realizavam mamografia, inicialmente para o Sistema Único de Saúde (SUS) e, em 2010, incluíram-se os serviços do sistema privado. Dividiu-se a coleta de dados em duas etapas: a primeira, para levantamento de informações sobre infraestrutura e a segunda, para aplicação de testes com o objetivo de avaliar os parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais utilizados. Foram calculados: o percentual de conformidade nos itens avaliados referentes a qualidade da imagem e desempenho dos equipamentos, e estimada a dose média no tecido glandular mamário e os riscos de carcinogênese radioinduzida, bem como, o risco de mortalidade por tumores radioinduzidos. Os resultados foram apresentados em quatro artigos científicos. No primeiro, mostrou-se que a cobertura da mamografia no estado de Goiás em 2008 foi de 66% entre as mulheres na faixa etária de 50 a 69 anos, considerando-se a realização de mamografia bienal. No segundo artigo, concluiu-se que a implantação do Programa de Controle de Qualidade em Mamografia foi efetiva para a melhoria da qualidade da mamografia nos serviços do SUS. No início da pesquisa, somente 2,9% dos serviços do SUS estavam na faixa desejável de qualidade e, após duas intervenções (2008 e 2009), 20% deles a atingiram. Os resultados do

terceiro artigo, em que se verificou a infraestrutura e a qualidade dos serviços que realizavam mamografia, tanto para o sistema SUS, como para o sistema privado, mostraram não haver diferença na qualidade do exame entre eles. Porém, a avaliação entre os tipos de tecnologia empregados mostrou diferença entre as doses ($p < 0,001$) de radiação aplicadas durante a mamografia. No quarto artigo, estimou-se a relação benefício–risco do rastreamento mamográfico realizado no estado de Goiás em 2010. O risco absoluto de excesso de câncer radioinduzido e o risco ao longo da vida apresentaram diferença significativa para os tipos de tecnologia ($p < 0,001$) e o tipo de atendimento dos serviços ($p < 0,019$) segundo a faixa etária de rastreamento. A razão de vidas salvas/vidas perdidas foi de 75,5/1 para o rastreamento na faixa de 40 a 70 anos e de 166,5/1 na faixa de 50 a 70 anos. Os resultados apontaram que a cobertura para a faixa de 50 a 69 anos no estado de Goiás está próxima do recomendado para o início de rastreamento organizado. Entretanto, quando avaliada por regional de saúde, a cobertura mostrou-se desigual e com grande concentração de equipamentos e exames na Regional Central. A avaliação inicial do desempenho dos equipamentos indicou a necessidade de implantação de ações para controle da qualidade da mamografia e do risco. As ações do Programa de Controle de Qualidade em Mamografia mostraram-se efetivas para a melhoria da qualidade da mamografia, embora o mesmo não tenha ocorrido com a dose de radiação empregada na mamografia. As doses nos mamógrafos convencionais são mais baixas do que nos mamógrafos acoplados aos digitalizadores de imagem. Em termos de proteção radiológica, o rastreamento na faixa etária de 50 a 70 anos, quando realizado bianualmente em mamógrafos com tecnologia convencional, apresentou maior benefício.

Palavras-chave: Câncer de mama. Programas de rastreamento. Mamografia. Serviços de saúde. Proteção radiológica. Neoplasias induzidas por radiação.

ABSTRACT

Mammography: infrastructure, coverage, quality, and risk of radioinduced cancer in an opportunistic screening in the state of Goiás

Among the available methods for the diagnosis and early detection of breast cancer, the most indicated for mass screening is the mammography. To guarantee its effectiveness, this exam needs to be performed using high quality standards and the lowest radiation dose possible. Therefore, the present research aimed to assess the infrastructure and performance of the equipments available at the mammography services in the state of Goiás, regarding coverage, quality, and radiological protection (dose) of patients, in order to provide early detection of breast cancer by an opportunistic screening. A prospective study was carried out, from 2007 to 2010, to observe the diagnostic imaging services which perform mammography, initially for the Brazilian Unified National Health System (SUS) and, in 2010, the services of the private system were included. Data collection was divided into two phases: the first, to collect information on infrastructure and the second, to apply tests in order to evaluate the performance characteristics of equipment and materials used. We calculated the conformity of the assessed items in terms of quality of image and equipment performance and estimated the average dose in glandular tissue and the risk of radioinduced carcinogenesis, as well as the risk of mortality by radioinduced tumors. The results were presented in four articles. In the first, we showed that mammography coverage in the state of Goiás in 2008 was 66% among women in the 50–69-year age group, considering biennial mammography. In the second article, we concluded that the implementation of the Mammography Quality Control Program was effective to achieve better quality mammography in SUS services. In the beginning of our research, only 2.9% of SUS services were within the desired range of quality and, after two interventions (2008 and 2009), 20% of them reached it. The results of the third article, in which we verified the

infrastructure and quality of services performing mammography, both for SUS and private systems, showed no difference in quality of exams between them. However, the evaluation between types of technology used showed difference between radiation doses ($p < 0.001$) applied during mammography. In the fourth article, we estimated the benefit–risk balance of screening mammography carried out in the state of Goiás in 2010. The excess absolute risk of radioinduced cancer and the lifetime risk presented significant difference for types of technology ($p < 0.001$) and types of health system ($p < 0.019$) according to the age group of screening. The ratio lives saved/lives lost was 75.5/1 for screening at the 40–70-year age group and 166.5/1 at the 50–70-year age group. The results showed that coverage of the 50–69-year age group in the state of Goiás is near the recommended standards for the beginning of organized screenings. However, when assessed per regional health unit, coverage was non-uniform, presenting high concentration of equipments and exams at the Central Regional. The initial evaluation of equipment performance indicated the need to implant actions for controlling mammography quality and risk. The actions of the Mammography Quality Control Program proved to be effective to enhance the quality of mammography, although the same does not remain true for the radiation dose used in mammography. These doses are lower in conventional mammography equipments than in those coupled to image digitization systems. Regarding radiological protection, screening women who are 50–70 years old, when performed biennially using conventional mammography equipments, presented more benefit.

Key words: Breast cancer. Screening programs. Mammography. Health services. Radiation protection. Radiation-induced cancer.

1 INTRODUÇÃO

Conhecido há muitos séculos, o câncer foi amplamente considerado como uma doença dos países desenvolvidos e com grandes recursos financeiros. Nas últimas décadas, no entanto, a situação mudou e a maior parte do ônus global do câncer pode ser detectada em países em desenvolvimento, principalmente naqueles com poucos e médios recursos (FERLAY et al., 2008; JEMAL et al., 2010).

Seguindo a tendência mundial, no Brasil, notam-se processos de transição que produziram importantes mudanças no perfil das enfermidades que acometem a população. Observa-se que, a partir da década de 1960, as doenças infecciosas e parasitárias deixaram de ser a principal causa de morte no país, sendo substituídas pelas doenças do aparelho circulatório e pelas neoplasias (BRASIL, 2007c).

No que se refere às doenças crônicas não transmissíveis, os dados epidemiológicos disponíveis permitem configurar o câncer como problema de saúde pública no Brasil, sendo a segunda causa de morte no país (BRASIL, 2011). Além da mudança de hábitos de vida da população, diversos fatores, como o aumento da expectativa de vida, a industrialização, a urbanização e as mudanças nos padrões de reprodução humana, estão diretamente relacionados com o aumento do risco de desenvolvimento de câncer (BRASIL, 2007c; SUZUKI et al. 2006).

Sem considerar o câncer de pele não melanoma, o de mama é o que mais acomete as mulheres em todo o mundo. Cerca de 1,4 milhão de casos novos dessa neoplasia eram esperados para 2008, ou seja, 23% de todos os tipos de câncer (JEMAL et al., 2010; WHO, 2009). O mesmo ocorre entre as brasileiras, sendo esperados 52.680 casos novos dessa neoplasia em 2012, com risco estimado de 52 casos para cada 100 mil mulheres (BRASIL, 2011).

A representação espacial das taxas brutas de incidência entre as Unidades da Federação do Brasil, apresentada na Figura 1, mostra que os

estados estão agrupados em quatro níveis de incidência. As incidências mais altas estão nos estados da Região Sul e em alguns estados da Região Sudeste e da Região Centro-Oeste, enquanto as mais baixas estão nos estados da Região Norte. Para o estado de Goiás, são esperados 1.320 casos novos em 2012, entre os quais, 450 localizados na capital do estado, Goiânia (BRASIL, 2011).

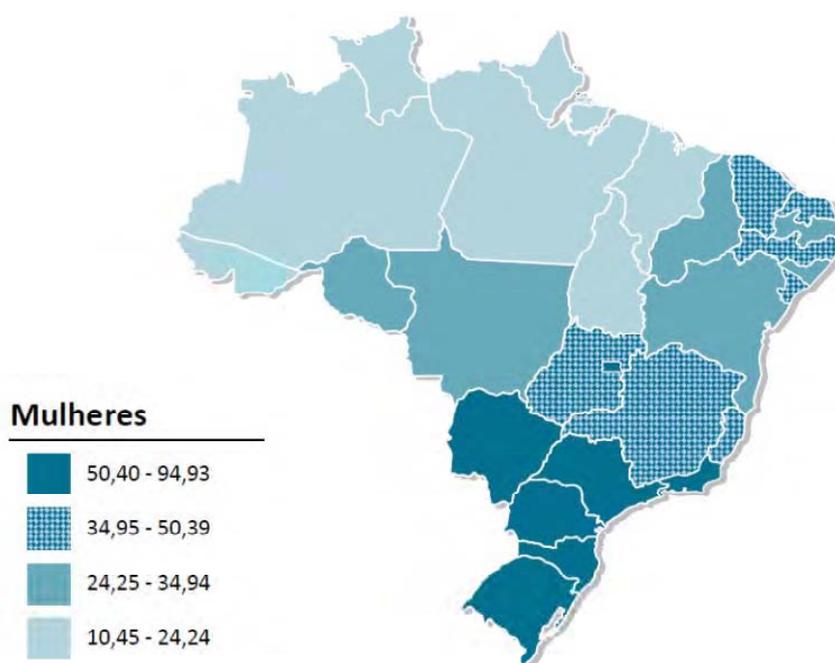


Figura 1. Representação espacial das taxas brutas de incidência de câncer de mama por 100 mil mulheres, estimadas para 2012, conforme a Unidade da Federação (neoplasia maligna de mama feminina).

Fonte: Brasil (2011, p. 94).

Analogamente ao observado na população mundial, o câncer de mama passou a ser a primeira causa de mortalidade por câncer entre as mulheres brasileiras. Nas últimas décadas, o coeficiente de mortalidade por câncer de mama apresentou elevação de 22,82%, passando de 9,2 por 100 mil em 1980 para 11,3 por 100 mil em 2009 (GONZAGA, 2011).

O câncer de mama é, provavelmente, o mais temido pelas mulheres, por sua alta frequência e, sobretudo, pelos seus efeitos psicológicos, que afetam a percepção de sexualidade e a própria imagem pessoal. Sua ocorrência antes dos 35 anos de idade é relativamente rara, mas acima desta faixa etária, sua incidência cresce rápida e progressivamente (BRASIL, 2011).

Calcula-se em seis a oito anos o período necessário para que um nódulo atinja 1 cm de diâmetro. Essa lenta evolução possibilita a descoberta precoce dessas lesões, se as mamas forem periodicamente examinadas. Atualmente, a detecção precoce é parte importante para a solução do problema, o que permite a cura da paciente ou, pelo menos, a sobrevida mais longa e com melhor qualidade de vida (ACS, 2009; BRASIL, 2011; CHAGPAR; McMASTERS, 2007).

1.1 Rastreamento do câncer de mama: detecção precoce

Os programas de rastreamento do câncer de mama baseiam-se em exames realizados regularmente em um grupo de mulheres assintomáticas da população, com o objetivo de detectar as neoplasias não detectáveis clinicamente em um estágio inicial (FEIG, 2006).

O rastreamento pode ser oportunístico ou organizado. No primeiro caso, oferta-se o exame de rastreamento às mulheres que oportunamente chegam às unidades de saúde. Já o modelo organizado é dirigido às mulheres elegíveis, de uma dada população, que são formalmente convidadas para os exames periódicos (THULER, 2003; WHO, 2007). A experiência internacional demonstra que o segundo modelo apresenta melhores resultados e menores custos, além de reduzir a mortalidade por câncer de mama em até 30% (HENDRICK; HELVIE, 2011; SHAPIRO et al., 1988).

De acordo com Santos (2006), na literatura, existem nove estudos clássicos que tiveram como objetivo avaliar a redução da mortalidade por câncer de mama: 1) Health Insurance Plan Study (HIP, Estados Unidos); 2)

Edimburgo (Escócia); 3) National Breast Screening Study 1 (NBSS1, Canadá); 4) National Breast Screening Study 2 (NBSS2, Canadá); 5) Estocolmo (Suécia); 6) Gothenburgo (Suécia); 7) Malmö Mammography Screening Trial (Suécia); 8) Kopparburgo (Suécia); 9) Oestergotland (Suécia). Na Tabela 1, mostram-se as principais características desses estudos clínicos aleatórios controlados, podendo-se verificar que os seus resultados indicam redução significativa da mortalidade por câncer de mama.

Tabela 1. Características e resultados do rastreamento mamográfico do câncer de mama, por estudo.

| Estudo | Ano de início | Idade para inclusão (anos) | Intervalo entre exames (meses) | Exame clínico das mamas | Risco relativo de mortalidade por câncer de mama | Número de mamografias necessárias para salvar uma vida |
|---------------|---------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|--|
| HIP | 1963 | 40-64 | 12 | Sim | 0,79 | 883 |
| Edimburgo | 1978 | 45-64 | 24 | Sim | 0,79 (0,60-1,02) | 980 |
| NBSS1 | 1980 | 40-49 | 12 | Sim | 0,97 (0,74-1,27) | – |
| NBSS2 | 1980 | 50-59 | 12 | Sim | 1,02 (0,78-1,33) | – |
| Estocolmo | 1981 | 40-64 | 28 | Não | 0,91 (0,65-1,27) | 3.468 |
| Gothenburgo | 1982 | 39-59 | 18 | Não | 0,76 (0,56-1,04) | 1.139 |
| Malmö | 1976-1978 | 40-69 | 18-24 | Não | 0,82 (0,67-1,00) | 584 |
| Kopparburgo | 1977 | 40-74 | 24-33 | Não | 0,68 (0,59-0,80) | 553 |
| Oestergotland | 1978 | 40-74 | 24-34 | Não | | |

Fonte: Santos (2006, p. 12).

Cabe assinalar que a pesquisa canadense, iniciada em 1980, em 11 centros, incluindo 50.000 mulheres com idades entre 40 e 59 anos de idade, comparou um grupo submetido à mamografia e exame físico da mama a cada

dois anos com um grupo controle. Para isso, as mulheres foram divididas em dois subgrupos, de acordo com a faixa etária: um de 40 a 49 anos, avaliado no estudo denominado NBSS1, e outro de 50 a 59 anos, avaliado no estudo denominado NBSS2. Esse estudo foi o único, até o momento, a não demonstrar redução do câncer de mama com o rastreamento. No entanto, há na literatura análises que apontam inúmeros erros ocorridos na condução daquela pesquisa (MOSS, 1999).

No que diz respeito ao rastreamento populacional para o câncer de mama, o presente nível de evidência científica permite concluir que a recomendação de mamografia acompanhada do exame clínico da mama (ECM), a cada um ou dois anos, tem se mostrado a estratégia mais eficaz na redução da mortalidade por esta causa (NG et al., 1998).

Nas mulheres mais jovens, de 40 a 49 anos de idade, o resultado do estudo de maior casuística demonstrou impacto menor, porém ainda significativo, de 13% na taxa de mortalidade. Naquela pesquisa, demonstrouse, ainda, que esses índices poderiam alcançar 19% se a triagem fosse realizada anualmente (HUMPHREY et al., 2002).

Um aspecto importante está relacionado à recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS) de que o rastreamento para o câncer de mama só deve ser iniciado quando houver disponibilidade de acesso à mamografia para pelo menos 70% da população alvo (WHO, 2007).

No Brasil, o exame clínico anual das mamas e o rastreamento são as estratégias recomendadas para o controle do câncer de mama. As recomendações do Ministério da Saúde para a detecção precoce e o diagnóstico dessa neoplasia baseiam-se em publicação do INCA, que considera como principais estratégias de rastreamento, o exame clínico anual das mamas a partir dos 40 anos e um exame mamográfico, a cada dois anos, para mulheres de 50 a 69 anos. Para as mulheres de grupos populacionais considerados de risco elevado para câncer da mama, recomenda-se o ECM e a mamografia anualmente, a partir de 35 anos de idade (BRASIL, 2004).

O rastreamento é uma estratégia dirigida às mulheres na faixa etária em que o balanço entre os benefícios e os riscos da prática é mais favorável, com maior impacto na redução da mortalidade, pois se sabe que a incidência do câncer de mama está diretamente relacionada a faixas etárias mais altas (FREITAS-JUNIOR et al., 2008; FREITAS-JUNIOR et al., 2010).

Como benefícios, podem ser citados o melhor prognóstico da doença, com tratamento mais efetivo e menor morbidade associada. Quanto aos riscos ou malefícios, incluem-se os resultados falso-positivos e falso-negativos, que geram ansiedade ou falsa tranquilidade à mulher, o superdiagnóstico e o supertratamento, relacionados à identificação de tumores de comportamento indolente, e o risco da exposição à radiação ionizante, se excessiva ou mal controlada (BRASIL, 2010).

1.1.1 Mamografia

A mamografia é a técnica radiográfica usada para detectar doenças na mama, realizada com equipamentos de radiodiagnóstico projetados especificamente para esta finalidade. A primeira tentativa de se fazer uma radiografia da mama foi na década de 1930. Inicialmente, o procedimento era tecnicamente primitivo, produzindo-se imagens de baixa qualidade diagnóstica. Por alguns anos, houve progresso muito pequeno pela falta de equipamento que pudesse diferenciar os tecidos da mama adequadamente na formação da imagem. O desenvolvimento técnico, com o uso de filme de exposição direta, baixa voltagem e alta corrente, levou à introdução do primeiro mamógrafo por volta de 1960.

Enquanto a qualidade diagnóstica das imagens era aperfeiçoada, havia preocupação quanto à dose de radiação excessiva. No início da década de 1980, a mamografia com sistema tela-filme tornou-se a técnica principal, substituindo totalmente a mamografia que utilizava o sistema filme sem tela intensificadora e a xeroradiografia (HAUS; YAFFE, 2000).

As pesquisas e o desenvolvimento levaram tanto à melhoria na qualidade da imagem quanto ao decréscimo na dose pelo uso de telas intensificadoras e filmes especificamente projetados para mamografia (MURPHY, 2005), surgindo os primeiros sistemas de mamografia, os quais são empregados presentemente em rastreamento e diagnóstico.

Atualmente, há uma variedade de métodos disponíveis para o diagnóstico por imagem da mama, alguns dos quais ainda em estágio de desenvolvimento. Embora alguns desses métodos, particularmente a ultrassonografia e a ressonância magnética, apresentem contribuições cada vez mais significativas para o diagnóstico, a mamografia ainda é considerada o padrão-ouro (KOCH; PEIXOTO; NEVES, 2000; OIEA, 2006; PERRY et al., 2006). As razões para isso são a sua capacidade de mostrar todas as estruturas de importância para o diagnóstico, a simplicidade do método e a sua relação custo-efetividade. Nos dias de hoje, reconhece-se a mamografia como o método mais importante para a detecção do câncer de mama em estágio pré-invasivo e, portanto, indicado para o rastreamento desta doença em larga escala em termos populacionais (BRASIL, 2004; FEIG, 2006; PERRY et al., 2006).

O processo de elaboração da mamografia envolve a exposição da mama a um feixe de raios-X, do qual parte é absorvida, parte é transmitida e parte é espalhada pelo tecido mamário (Figura 2). O feixe de raios-X transmitido é atenuado seletivamente pelos tecidos da mama, passa pela grade antidifusora, interage com o receptor da imagem e é, finalmente, absorvido pelo dispositivo de registro como uma imagem latente. Após uma etapa de processamento, a imagem registrada é apresentada para interpretação e, a seguir, arquivada (COUTINHO, 2009).

Atualmente, existem dois processos para a realização da mamografia: o convencional, de tela-filme intensificadora, e o digital. No sistema convencional, as etapas de aquisição, apresentação e arquivamento da imagem ocorrem em um único meio, o filme radiográfico. Essa tecnologia é relativamente barata e firmemente consolidada na prática da mamografia há mais de 30 anos, além do

filme ser um meio duradouro de armazenamento da imagem a custo baixo (MAHESH, 2004).

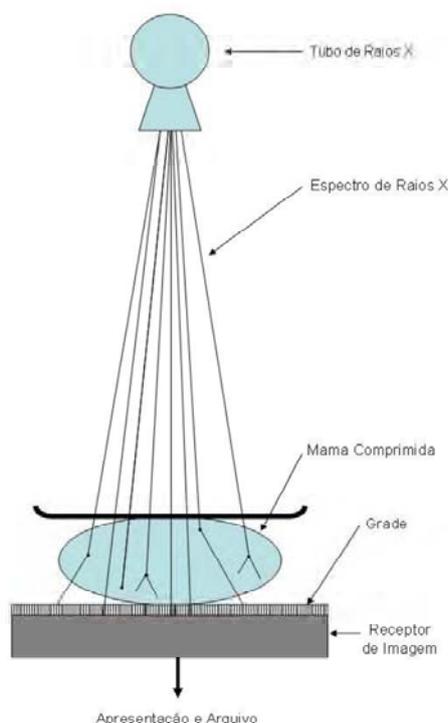


Figura 2. Processo de produção da mamografia.

Fonte: Modificada de Mahesh (2004).

A mamografia digital é uma técnica radiográfica da mama na qual o sistema tela-filme intensificadora, usado como receptor da imagem na mamografia convencional, é substituído por um detector eletrônico (sistema de radiografia digital – DR) ou por uma placa de imagem (IP) de fósforo fotoestimulável (sistema de radiografia computadorizada – CR). Uma característica fundamental da mamografia digital está ligada ao fato de que os processos de aquisição da imagem, de apresentação para interpretação e de armazenamento são realizados de modo independente um do outro, o que permite melhor uso de cada um deles (PEIXOTO, 2009).

Já existem vários serviços de mamografia instalados no Brasil que utilizam o sistema digital; porém, os critérios de qualidade da imagem ainda

não estão bem estabelecidos para esta tecnologia. Como a Portaria/MS/SVS nº 453 (BRASIL, 1998) estabelece critérios de qualidade em mamografia somente para a radiologia convencional, ainda falta estabelecer requisitos de desempenho tanto para o exame de mamografia utilizando o sistema CR como para o DR.

1.1.2 Mamógrafo

Os coeficientes de atenuação dos tecidos normais são muito parecidos com os dos tecidos neoplásicos (Figura 3). A fim de aumentar a diferença de absorção dos tecidos da mama e produzir imagens de contraste ideal e alta resolução, sistemas de imagem específicos para a mamografia são exigidos (BUSHBERG et al., 2002; MURPHY, 2005).

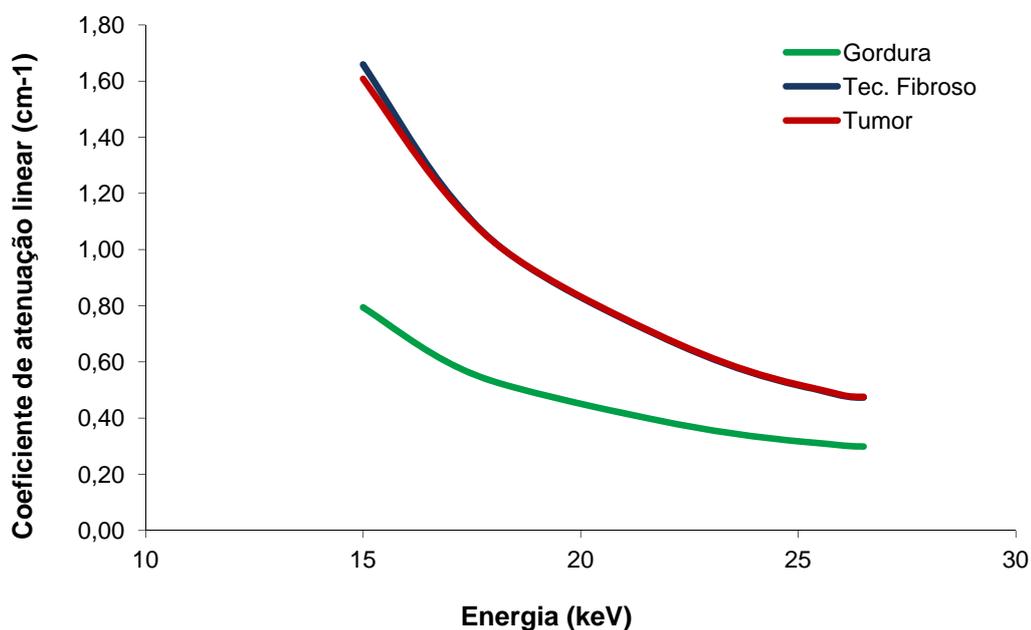


Figura 3. Variação do coeficiente de atenuação linear em função da energia dos fótons empregados em mamografia.

Fonte: Adaptada de Chen e colaboradores (2010) pela autora para o presente trabalho.

O equipamento de mamografia (Figura 4) é desenhado de modo a proporcionar um feixe de raios-X tangente à parede torácica, o qual permite alcançar as estruturas mamárias próximas à parede e, desta forma, restringir o campo de radiação na área requerida. Observa-se na Figura 5 um esquema com a disposição de alguns dos principais componentes de um mamógrafo.

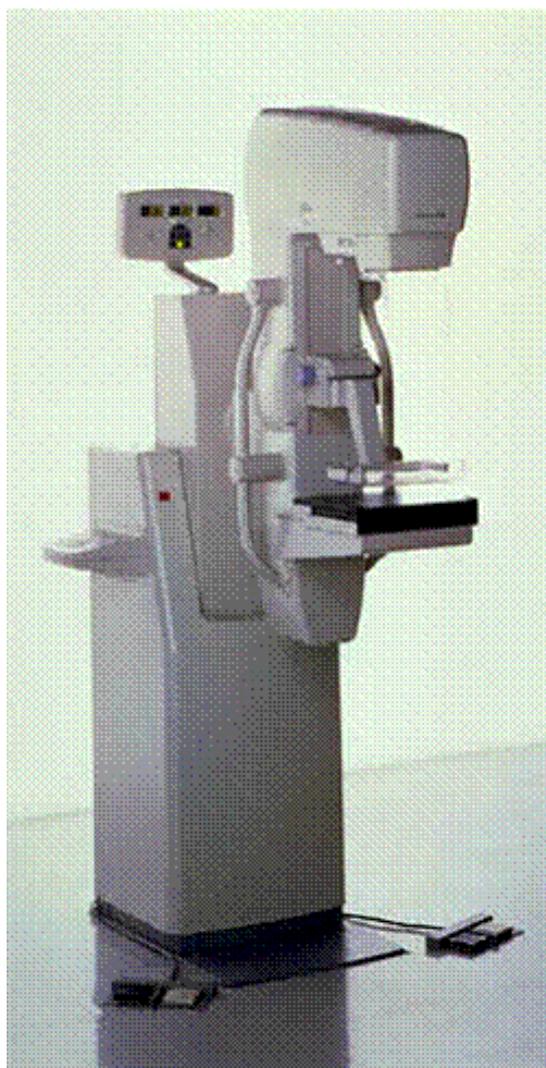


Figura 4. Equipamento de mamografia.

Fonte: Original da autora.

O sistema de mamografia deve dispor de um gerador de alta frequência para controlar precisamente a tensão do tubo, a corrente e o tempo de exposição, bem como para garantir a reprodutibilidade e a ótima qualidade da imagem. O valor da tensão do tubo depende da espessura da mama, sendo a faixa típica de 23 kV a 35 kV. Para obter imagens de alta resolução, o ponto focal deve ser pequeno (0,3 mm para imagem de rotina e 0,1 mm para ampliação). A combinação alvo/filtro apropriada é selecionada de acordo com as características da mama da paciente, o alvo (ânodo) deve ser constituído de molibdênio, ródio ou tungstênio e o filtro de molibdênio, ródio ou alumínio (PEIXOTO, 2009).

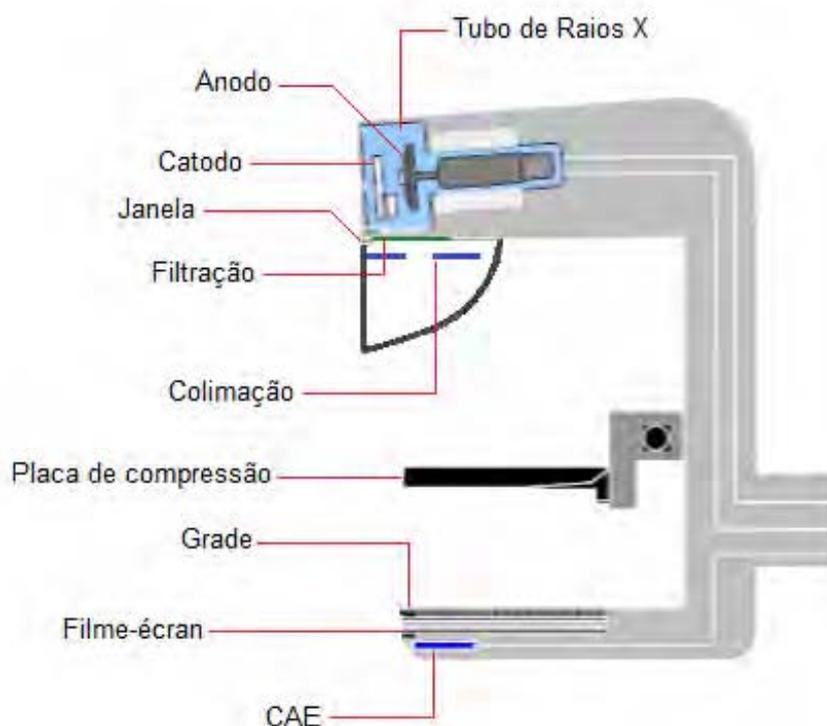


Figura 5. Esquema do mamógrafo e seus principais componentes.

Fonte: Adaptada de Oliveira (2007) pela autora para o presente trabalho.

A grade aumenta o contraste na imagem e o controle automático de exposição (CAE) é aplicado para assegurar uma ótima exposição. O CAE resulta em redução de repetições e decréscimo da dose de radiação, desde que a exposição seja automaticamente finalizada quando a correta exposição for recebida pelo receptor de imagem (PEIXOTO, 2009).

Utiliza-se o dispositivo de compressão (bandeja de compressão) para melhorar a resolução espacial e de contraste, o que evita a superposição das estruturas anatômicas, além de reduzir a dose e o tempo de exposição. O dispositivo de compressão deve ser liberado automaticamente quando a exposição terminar (BUSHONG, 1998).

A distância do ponto focal para o receptor de imagem (detector) deve ser maior do que 50 cm para reduzir o borramento geométrico; em geral, fica em torno de 60 cm. O receptor de imagem é específico para o sistema digital, computadorizado ou convencional tela-filme, dependendo da tecnologia utilizada (PEIXOTO, 2009).

1.2 Riscos inerentes à mamografia

Entre os riscos inerentes à realização da mamografia, destacam-se a indução de câncer e os erros de diagnóstico (FEIG, 2006; YOUNG et al., 2003).

1.2.1 Indução de câncer

Logo após a descoberta dos raios-X, observaram-se indícios de efeitos biológicos da radiação. Como a mamografia é um método diagnóstico que faz uso da radiação ionizante para produzir a imagem, é de se esperar que a realização deste exame traga algum risco às pacientes que a ele se submetem, especialmente considerando-se os programas de rastreamento, nos quais um

grande número de mulheres assintomáticas submete-se às doses de radiação necessárias para a realização do exame (ICRP, 1996).

É impossível distinguir um câncer de mama induzido pela radiação produzida pelo mamógrafo de outro provocado por outra causa qualquer, pois a doença pode se manifestar até 10 anos depois da exposição (GOSS; SIERRA, 1998). Conseqüentemente, a possibilidade da radiação ionizante induzir o aparecimento de câncer de mama somente pode ser estimada pela observação das taxas de incidência em mulheres que se submeteram a diferentes níveis de radiação (YOUNG et al., 2003).

Na década de 1970, surgiram especulações sobre potenciais efeitos carcinogênicos da radiação recebida pelas mulheres durante um exame mamográfico, com base em estudos nos quais se observou excesso de casos de câncer de mama em mulheres submetidas a altas doses de radiação. Esses estudos incluíram as mulheres sobreviventes das bombas de Hiroshima e Nagasaki, mulheres americanas e canadenses que foram submetidas a múltiplas exposições fluoroscópicas para tratamento de tuberculose e mulheres que passaram por radioterapia para tratamento de mastite (YOUNG et al., 2003). Em todos os casos, as doses foram altas, entre 1 Gy e 20 Gy, quando comparadas com a dose recebida pelo tecido glandular (Dg) praticada em mamografia, valores sempre menores que 4 mGy. Além disso, outros fatores também devem ser considerados na análise dessas pesquisas, como o fato de que as populações estudadas tinham idade abaixo de 40 anos e parte das mulheres eram puérperas, com mamas fisiologicamente diferentes daquelas que realizam mamografias periódicas (BOICE JUNIOR et al., 1991; HOFFMAN et al., 1989; HOWE; McLAUGHLIN, 1996; YOUNG et al., 2003). Por outro lado, as mulheres de etnia oriental aparentemente têm menor incidência natural de câncer de mama (DATTA; BISWAS, 2009; SUZUKI et al., 2006).

Em uma publicação do programa de rastreamento mamário do serviço nacional de saúde inglês (National Health Service Breast Screening Programme – NHSBSP), após revisão dos estudos epidemiológicos anteriores, Young e colaboradores (2003) estabeleceram que o risco de indução de câncer

pelo uso da mamografia é a metade do risco procedente dos estudos epidemiológicos anteriores.

Uma estimativa realizada em 1979, no estado de Ontário, no Canadá, com 8,5 milhões de habitantes, mostrou que o número de casos de câncer induzido pela mamografia em um ano foi de 0,16 e que o número de mortes associado foi de 0,08 por ano (JOHNS; CUNNINGHAM, 1983).

De qualquer maneira, todas as práticas que utilizam radiações ionizantes devem observar os princípios básicos de radioproteção, entre eles, o princípio da otimização (*as low as reasonably achievable* – ALARA), que determina que todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis, pois estudos epidemiológicos e radiobiológicos em baixas doses mostraram que não há como determinar um limiar de dose para o aparecimento de efeitos biológicos estocásticos (ICRP, 1996). A legislação que estabelece as diretrizes básicas de radioproteção na área de radiodiagnóstico, bem como regulamenta o uso dos raios-X em diagnóstico no Brasil (BRASIL, 1998), determina que todos os exames de radiodiagnóstico, inclusive a mamografia, devem ser realizados de modo a considerar os níveis de referência, e estipula que a dose de entrada na pele (DEP) em uma mama comprimida de 4,5 cm, medida em equipamento com sistema tela-filme, ânodo e filtração de molibdênio, não deve ultrapassar o valor de 10 mGy, em procedimentos usuais.

Assim, as doses a que as pacientes são expostas nos exames mamográficos precisam ser conhecidas. Em consideração aos recursos tecnológicos disponíveis, as especificidades das pacientes locais e a normatização vigente, as doses devem ser continuamente otimizadas, porém, sem nunca comprometer a qualidade da imagem exigida para possibilitar o diagnóstico.

1.2.2 Erros de diagnóstico

Outro efeito indesejado no uso da mamografia é a falha no diagnóstico. Para que possa garantir a detecção precoce e reduzir efetivamente a

mortalidade por câncer de mama, a mamografia precisa apresentar sensibilidade adequada para diagnosticar lesões iniciais e a especificidade necessária para excluir com segurança os casos em que não há tumores malignos (FEIG, 2006).

Assim como em qualquer outro método de diagnóstico, na mamografia também ocorrem resultados falso-positivos e falso-negativos (AZEVEDO; KOCH; CANELLA, 2005; JACKSON et al., 2009; TAPLIN et al., 2008).

Mesmo com suas limitações, considera-se a mamografia a melhor ferramenta na detecção precoce do câncer de mama (FEIG, 2006; PERRY et al., 2006). A determinação da sensibilidade e da especificidade da mamografia como estratégia isolada é muito difícil, já que em todos os estudos realizados, o uso da mamografia associa-se a outras técnicas, como o exame clínico das mamas, o autoexame e outros métodos diagnósticos (SANTOS, 2010). Entretanto, é possível estimar que a sua sensibilidade varia entre 88% e 93% e sua especificidade, entre 85% e 94%, sendo ambos os indicadores dependentes de fatores como: características da lesão, densidade do tecido mamário, idade da paciente, habilidade de interpretação e, sem dúvida, qualidade da imagem do exame (BRASIL, 2007b).

Os resultados falso-negativos podem ocorrer pela não visualização da lesão existente, decorrente de erros de posicionamento, características das mamas, tumores com crescimento muito rápido, falhas na qualidade do exame ou interpretação incorreta de lesões malignas como sendo benignas. Esses resultados provocam atraso no diagnóstico, o que pode diminuir consideravelmente as chances de tratamento com bom prognóstico (SANTOS, 2010).

Os resultados falso-positivos, mesmo sendo considerados como consequência dos programas de detecção precoce e estatisticamente esperados, acabam por gerar outros exames complementares, como a ultrassonografia e biópsias desnecessárias, além de exposições mamográficas, que encarecem os custos associados e causam grande ansiedade às pacientes (SANTOS, 2010).

Em todas as situações, é possível entender que a qualidade do exame mamográfico, principalmente a qualidade da imagem, tem associação direta com a diminuição ou o controle dos riscos associados à mamografia. Também se observa que o maior risco imposto às mulheres que se submetem à mamografia é o de que um pequeno câncer de mama curável não seja identificado por causa da baixa qualidade do exame mamográfico. Esse risco é dezenas de vezes maior do que o risco de câncer de mama radioinduzido (FERREIRA et al., 1998).

Considera-se elevado o número de mulheres submetidas à mamografia e que o maior risco inerente a este tipo de exame é que um pequeno câncer de mama curável, não seja identificado por causa da baixa qualidade do exame mamográfico (PERRY et al., 2006). Assim sendo, parte-se do pressuposto que a avaliação da qualidade das ações e dos serviços de saúde é fundamental para o controle da assistência à saúde oferecida à população. No que se refere ao uso das radiações ionizantes, o conhecimento acerca da produção de exames, os meios de acesso aos serviços, o desempenho dos equipamentos e a dose aplicada constituem elementos relevantes para a caracterização do que deve ser considerado um sistema de saúde desejável, seguro e economicamente acessível ao país (AZEVEDO, 1991).

Levando-se em consideração os fatos acima expostos, este trabalho foi conduzido com o intuito de conhecer a situação dos serviços de mamografia disponíveis no estado de Goiás para o rastreamento do câncer de mama.

Esta tese foi elaborada na modalidade de artigos científicos e, para atender ao objetivo geral, os resultados são apresentados em quatro artigos:

Artigo 1 – Estimativa da cobertura mamográfica no estado de Goiás, Brasil

Artigo 2 – Efetividade de programa de controle de qualidade em mamografia para o Sistema Único de Saúde

Artigo 3 – Análise da infraestrutura para o rastreamento mamográfico no estado de Goiás, Brasil, 2010

Artigo 4 – Estimativa do risco de câncer radioinduzido em rastreamento mamográfico

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a infraestrutura, a cobertura, a qualidade da imagem e o risco de câncer radioinduzido em rastreamento mamográfico oportunístico no estado de Goiás.

2.2 Objetivos específicos

1. Estimar a cobertura da mamografia, descrevendo sua oferta e demanda para a população feminina residente no estado de Goiás;

2. Avaliar a efetividade de um programa de controle de qualidade em mamografia para o monitoramento contínuo dos serviços que integram a rede do SUS em Goiás;

3. Analisar a infraestrutura para o rastreamento mamográfico no estado de Goiás, conforme a qualidade da imagem e a dose aplicada;

4. Estimar o número de casos de câncer radioinduzido e a razão benefício–risco em um programa de rastreamento mamográfico oportunístico realizado no estado de Goiás.

3 MÉTODOS

Os dados apresentados nesta pesquisa são provenientes do trabalho desenvolvido pelo Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste (CRCN-CO), em apoio à Superintendência de Vigilância Sanitária do Estado de Goiás e ao Departamento de Vigilância Sanitária do Município de Goiânia, tendo em vista a implantação do Programa de Controle de Qualidade em Mamografia no Estado de Goiás (PCQM-GO).

3.1 Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Dr. Henrique Santillo, da Secretaria de Estado de Saúde de Goiás (protocolos 0006.1.177.000-5, de 5/4/2005 e 0007.1.177.000-5, de 18/4/2005) (Anexo 1). Não houve necessidade de assinar termo de consentimento livre e esclarecido.

3.2 Área de estudo

O estado de Goiás localiza-se na Região Centro-Oeste do Brasil, ocupa uma área de 340.103,467 km² e divide-se em 246 municípios, os quais estão distribuídos em 16 regionais de saúde (IBGE, 2008).

3.3 Tipo de estudo

Realizou-se estudo prospectivo, no período de 2007 a 2010, considerando-se como unidade de observação os serviços de diagnóstico por imagem que realizavam mamografia para o SUS e/ou sistema privado.

Para a execução do levantamento de dados, foram realizadas visitas *in loco* a cada unidade de observação em 2007, 2008, 2009 e 2010. Todas as visitas foram agendadas antecipadamente e obedeceram a um cronograma estabelecido de acordo com a divisão do estado em regionais de saúde.

A cada ano referente à realização do estudo, incluíram-se na pesquisa os serviços com mamógrafos em funcionamento nos momentos de cada visita e excluídos aqueles cujos aparelhos estavam em manutenção, ou com defeito, ou interditados ou desativados nos momentos de cada visita.

3.4 Coleta de dados

Dividiu-se a coleta de dados em duas etapas: a primeira, para aquisição de informações sobre a infraestrutura dos serviços de mamografia e a segunda, para avaliação dos parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais utilizados em mamografias, bem como da qualidade da imagem dos mamógrafos e das doses de radiação aplicadas durante os exames.

3.4.1 Etapa 1: levantamento de dados sobre a infraestrutura

Realizou-se a identificação dos serviços a partir dos dados do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) (BRASIL, 2007a) e, para o levantamento da infraestrutura, aplicou-se instrumento de coleta de dados elaborado especificamente para esta pesquisa e adotado pelo PCQM-GO (Anexo 2). Foram estudadas variáveis relacionadas aos serviços e aos equipamentos e materiais, assim discriminadas:

a. Dados do serviço: localização geográfica, tipo de atendimento (somente SUS, SUS e privado, somente privado), natureza do serviço (público, filantrópico, privado), produção mensal de exames, adesão ao programa de

certificação de qualidade em mamografia do Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR);

b. Dados dos equipamentos: fabricante e modelo, tipo de comando (simples ou com estereotaxia), tipo de tecnologia (convencional – tela-filme; digital – CR) e combinação alvo/filtro.

Estabeleceu-se a localização geográfica dos serviços incluídos na pesquisa utilizando-se o Plano Diretor de Regionalização de Goiás, que divide o estado em 16 regionais de saúde.

Com o intuito de evitar erros de aferição na avaliação do desempenho dos equipamentos e da qualidade da imagem e de preservar a identidade dos serviços, nesta etapa todas as unidades visitadas receberam um código formado pela sigla do estado de Goiás (GO), seguida por três dígitos numéricos sequenciais, iniciando pelo código GO 001.

3.4.2 Etapa 2: avaliação da qualidade da imagem, dos parâmetros de desempenho e da dose de radiação

Para a avaliação da qualidade da imagem gerada pelos mamógrafos nos serviços do estado de Goiás, dos parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais utilizados em mamografias e das doses de radiação aplicadas durante os exames, foram utilizados como documentos referenciais a Portaria/MS/SVS nº 453 (BRASIL, 1998), as diretrizes europeias para garantia da qualidade no rastreamento e no diagnóstico do câncer de mama (PERRY et al., 2006) e o protocolo de controle de qualidade em mamografia da Agência Internacional de Energia Atômica (OIEA, 2006).

Nessa etapa, todos os dados foram registrados em um formulário próprio (Anexo 2) e os resultados das avaliações foram comparados com os estabelecidos nas normas nacionais. Para cada avaliação, foram atribuídos os valores um para a conformidade e zero para a não conformidade de cada parâmetro.

3.4.2.1 Avaliação da qualidade da imagem

Os seguintes materiais foram utilizados na realização dos testes para avaliação da qualidade da imagem: chassis e filmes em uso nos serviços avaliados; negatoscópio para mamografia; lupa de aumento (8x); um objeto simulador radiográfico de mama, phantom mama, similar ao do American College of Radiology, que foi adotado pelo INCA no projeto-piloto de qualidade em serviços de mamografia do SUS e em pesquisas (Figura 6).

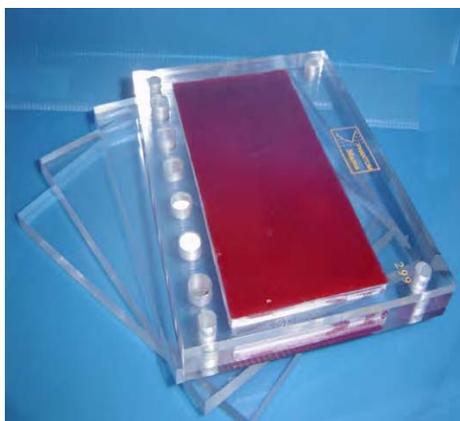


Figura 6. Simulador radiográfico de mama.

Fonte: Brasil (2007b, p. 78).

Esse simulador corresponde a mama de 5,3 cm de espessura quando comprimida, composta de 50% de tecido adiposo e 50% de tecido fibroglandular. O phantom mama é composto de quatro placas acrílicas (polimetilmetacrilato – PMMA), três delas medindo 10 mm x 120 mm x 160 mm e uma medindo 20 mm x 120 mm x 160 mm, na qual estão fixados objetos de teste que simulam estruturas anatômicas de diferentes formas, dimensões e composições, de modo a produzir imagens com resolução espacial e contrastes variados, semelhantes aos produzidos pelas estruturas anatômicas de importância para a detecção do câncer de mama.

Na placa principal, estão inseridos: quatro grades metálicas, com 4 pl mm⁻¹, 6 pl mm⁻¹, 8 pl mm⁻¹ e 12 pl mm⁻¹, usadas para estimar quantitativamente a resolução espacial; cinco calotas esféricas de nylon, de diferentes diâmetros e espessuras – 10,0 mm x 2,0 mm, 8,0 mm x 1,5 mm, 7,0 mm x 1,0 mm, 6,0 mm x 0,75 mm, 5,0 mm x 0,50 mm, que simulam massas tumorais; cinco conjuntos de grãos de óxido de alumínio, com diâmetros de 0,45 mm, 0,35 mm, 0,30 mm, 0,25 mm e 0,18 mm, que simulam grupos de microcalcificações; oito discos de poliéster, com diâmetro de 6,0 mm e espessuras de 0,8 mm, 0,7 mm, 0,6 mm, 0,5 mm, 0,4 mm, 0,3 mm, 0,2 mm e 0,1 mm, que simulam áreas ou lesões com baixo contraste em relação à região vizinha; seis fios de nylon, com 1 cm de comprimento e diâmetros de 1,4 mm, 1,2 mm, 0,8 mm, 0,7 mm, 0,6 mm e 0,4 mm, que simulam extensões do tecido fibroso; seis orifícios preenchidos por diferentes materiais, que produzem uma escala de densidades óticas usada para calcular o índice de contraste da imagem.

As imagens foram geradas sempre nas mesmas condições em cada equipamento, com o simulador posicionado sobre a bandeja de suporte da mama, alinhado com o chassi na borda da parede torácica e o sensor do dispositivo do mamógrafo para o CAE ativado e posicionado sob o corpo central do simulador. Em todos os serviços, a tensão selecionada para a exposição foi mantida constante em 28 kV. Após realizar a exposição, o filme foi revelado na processadora do serviço em condições normais de uso. A imagem produzida pelo simulador, quando radiografado, é mostrada na Figura 7. Nos casos em que o equipamento não possuía dispositivo de CAE, ou este se encontrava com defeito, fixou-se a tensão em 28 kV e foi solicitado ao profissional do serviço que selecionasse o valor do produto da corrente pelo tempo de exposição (mAs) de acordo com o usado normalmente para mama de espessura equivalente ao simulador.

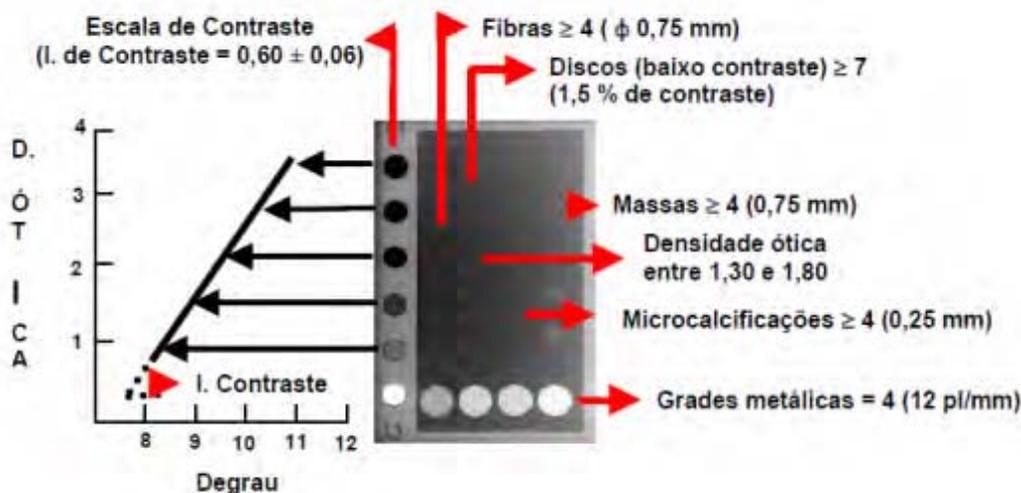


Figura 7. Limites de aceitação para a visualização dos objetos de testes no phantom mama utilizados para a avaliação dos limiares de definição e contraste da imagem.

Fonte: Brasil (2007b, p. 86).

Na avaliação da qualidade da imagem, levou-se em consideração a possibilidade de visualizar os seguintes grupos de estruturas: grades metálicas (resolução espacial), microcalcificações (detalhes de alto contraste), discos (limiar de baixo contraste), fibras (detalhes lineares de baixo contraste) e calotas esféricas (massas tumorais). Ademais, na imagem do simulador, também foram medidos o índice de contraste e a densidade ótica (DO) de fundo e observadas a presença de artefatos e a uniformidade da imagem. Pelo menos dois avaliadores realizaram a leitura das imagens, em sala com luminosidade reduzida, utilizando máscara para cobrir a área clara não usada do negatoscópio.

3.4.2.2 Avaliação dos parâmetros de desempenho

Nos testes de desempenho dos equipamentos e na avaliação dos sistemas de processamentos dos filmes, foram usados os seguintes materiais: simulador phantom mama; balança para teste de compressão; objeto de testes de contato tela-filme para mamografia (Victoreen); chassis e filmes em uso nos serviços avaliados; espuma de densidade 33, medindo 15 cm x 15 cm x 5 cm; régua de 20 cm; sensitômetro; densitômetro; dosímetro clínico com detector de estado sólido (modelo Multi-O-Meter 535 L, Unfors, Billdal, Suécia) calibrado para mamografia (Figura 8); placas de alumínio, com 99% de pureza e 1 mm de espessura.



Figura 8. Dosímetro clínico com detector de estado sólido Unfors, Multi-O-Meter 535L.

Fonte: Coutinho (2009, p. 50).

Em relação ao desempenho dos dispositivos e acessórios que influenciam direta e indiretamente a qualidade da imagem mamográfica, para a tecnologia convencional, foram testados os seguintes itens: sistema de

colimação, desempenho do CAE, força de compressão, alinhamento da bandeja de compressão, integridade dos chassis, sistema de processamento, qualidade do feixe (camada semirredutora – CSR), exatidão da tensão e dose na entrada do simulador. Para os equipamentos com tecnologia digital, foram testados os seguintes itens: força de compressão, alinhamento da bandeja de compressão, CSR, exatidão da tensão e dose na entrada do simulador.

a) Sistema de colimação

O alinhamento do campo de raios-X e do receptor de imagens foi medido com o auxílio de dois chassis carregados e duas moedas. Colocou-se o primeiro chassi dentro do bucky e o segundo, sobre a bandeja de suporte da mama, projetado cerca de 3 cm na direção da parede torácica (Figura 9). Marcou-se a posição da bandeja de compressão do lado da parede torácica, colocando-se as moedas na parte superior do segundo chassi. Para sensibilizar os filmes, utilizou-se uma técnica manual de 28 kV e 20 mAs. Após revelados, os filmes foram posicionados em negatoscópio, utilizando-se as imagens das moedas como referência. Verificou-se a coincidência entre a posição do filme dentro do bucky e o campo de raios-X. Foram aceitos desvios menores do que 1% da distância foco-filme (DFF) no lado da parede torácica e menores do que 2% da DFF nas laterais do filme.



Figura 9. Arranjo e resultado do teste de alinhamento entre o campo de raios-X e o filme radiográfico.

Fonte: Brasil (2007b, p. 77).

b) Desempenho do controle automático de exposição (CAE)

Para verificar o desempenho do CAE, realizou-se uma série de exposições simulando mamas de diversas espessuras (Figura 10). Com a tensão fixa em 28 kV e o CAE ativado, fez-se exposição do simulador com 5 cm de espessura e registrados os valores de mAs e de DO do filme. Em seguida, após retirar uma placa de acrílico de 1 cm, o simulador foi exposto novamente, assim sendo produzida a imagem com 4 cm e registrados os valores de mAs e DO encontrados para esta espessura. Repetiu-se essa conduta com o simulador para 3 cm e 2 cm de espessura. A variação máxima aceitável nos valores de DO foi de $\pm 20\%$ comparada ao valor de DO encontrado para a imagem com 5 cm de espessura.

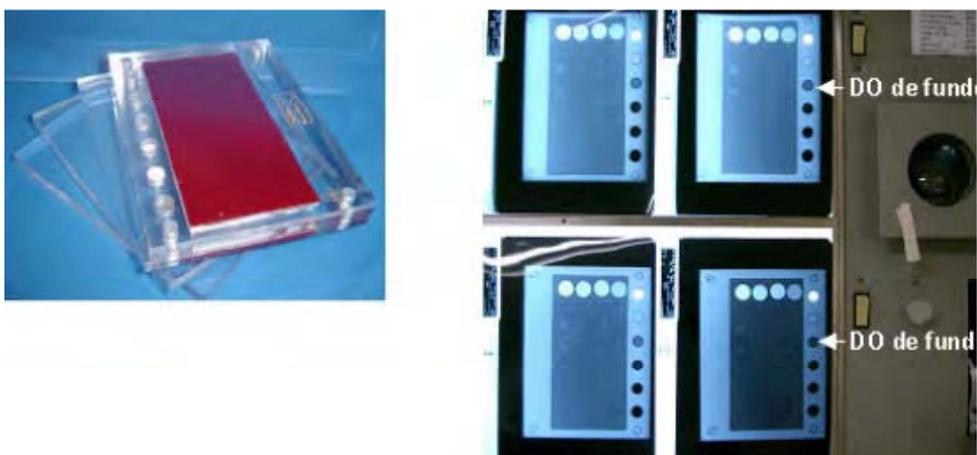


Figura 10. Diversas espessuras do phantom mama e resultado do teste do controle automático de exposição (CAE).

Fonte: Brasil (2007b, p. 78).

c) Força de compressão

Mediu-se a força aplicada pela bandeja de compressão posicionando-se a balança sobre o suporte da mama e efetuando-se a compressão (Figura 11).

Para aceitar a conformidade desse parâmetro, o valor medido deveria estar entre 11 kg e 18 kg.



Figura 11. Arranjo do teste da força de compressão.

Fonte: Brasil (2007b, p. 79).

d) Alinhamento da bandeja de compressão

Avaliou-se a deformação da bandeja de compressão após posicionar a espuma sobre o suporte da mama e comprimi-la com a bandeja de compressão (Figura 12). Foram medidas as distâncias entre o bucky e a bandeja de compressão nos quatro vértices. Para considerar esse parâmetro em conformidade, a diferença entre o maior e o menor valor encontrado deveria ser inferior ou igual a 5 mm.

e) Integridade dos chassis

Todos os chassis em uso pelos serviços foram testados colocando-se o chassi carregado sobre o suporte da mama e o objeto de teste, que possui uma malha metálica, em cima do chassi (Figura 13A). Após exposição com o uso da

técnica de 28 kV e 20 mAs e processamento do filme, avaliou-se a imagem no negatoscópio para identificar borrões ou manchas escuras que indicassem a existência de áreas de fraco contato entre o filme e a tela intensificadora do chassi ou outros defeitos do chassi (Figura 13B).

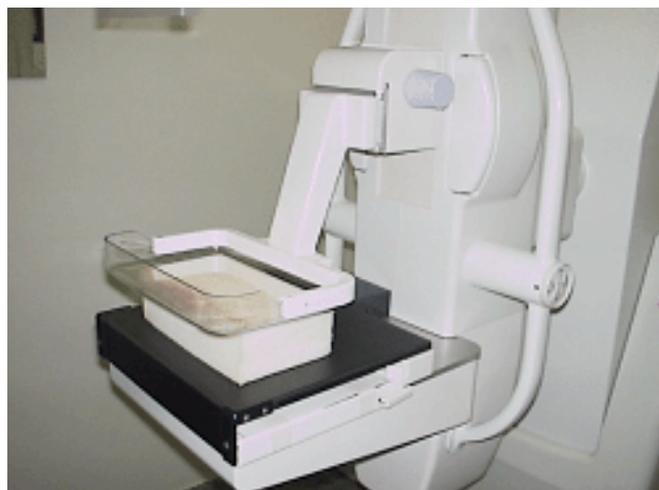


Figura 12. Arranjo do teste de alinhamento da bandeja de compressão.

Fonte: Brasil (2007b, p. 80).

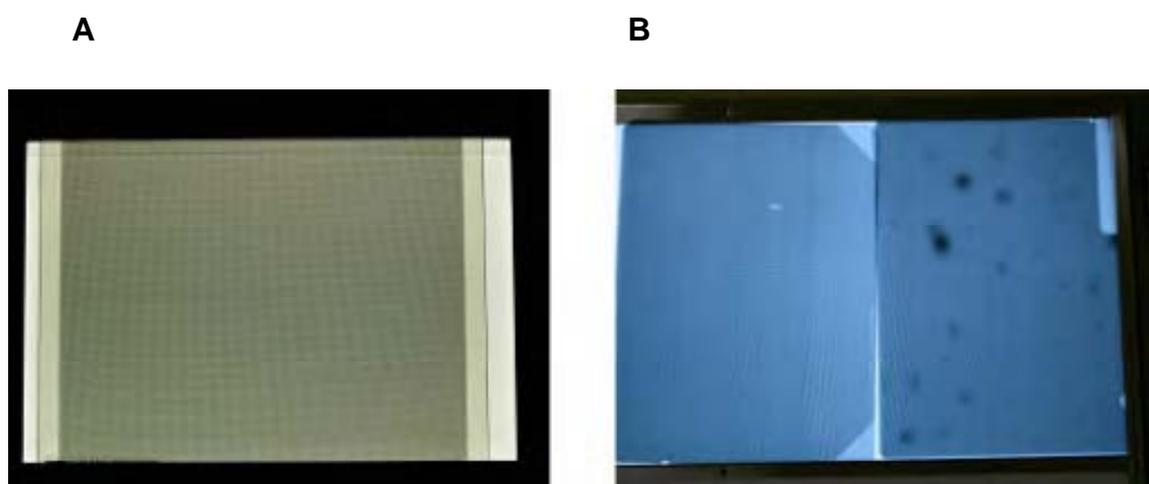


Figura 13. A. Malha metálica. B. Resultado do teste de integridade dos chassis.

Fonte: Brasil (2007b, p. 81).

f) Sistema de processamento

Realizou-se a avaliação da processadora automática, dos produtos químicos em uso e das condições gerais do processamento por meio de sensitometria. Na câmara escura, sensibilizou-se um filme em um sensitômetro de 21 passos (Figura 14) e, posteriormente, revelado nas condições de uso da processadora do serviço. Após medir a DO com um densitômetro, foram observados os degraus de base (mais velamento), de velocidade e de contraste. Os valores deveriam ser de até 0,23, entre 1,30 e 1,80 e maiores do que 3,40, respectivamente, para cada degrau.

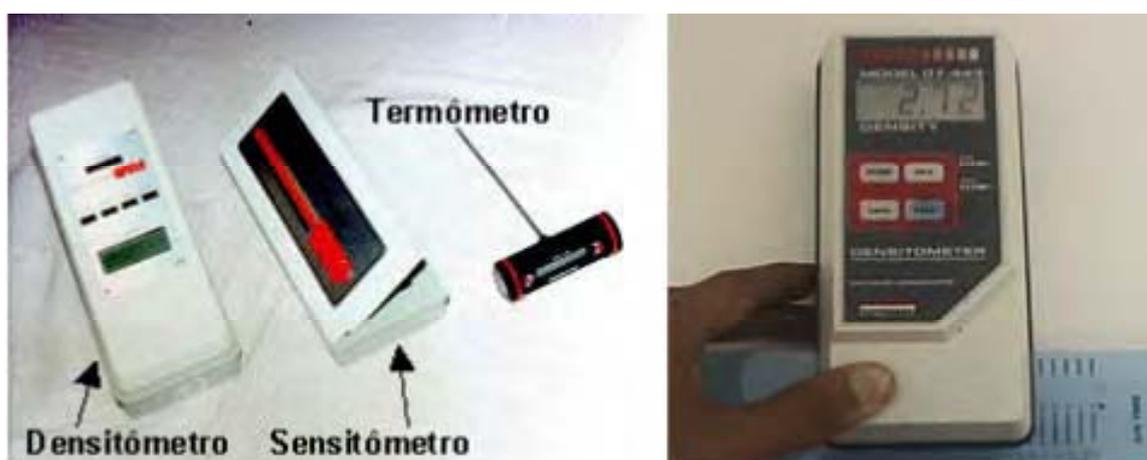


Figura 14. Densitômetro, sensitômetro e termômetro e medida da densidade ótica (DO) dos 21 degraus da tira sensitométrica utilizada para o controle do processamento.

Fonte: Brasil (2007b, p. 83).

g) Qualidade do feixe (CSR)

As medidas, efetuadas com o dosímetro clínico para avaliar a CSR, foram realizadas no modo de operação manual do mamógrafo, com a técnica radiográfica fixada em 28 kV e o produto da corrente pelo tempo fixado em 50

mAs. Foram realizadas exposições sem atenuadores e, posteriormente, com adição de filtros de alumínio com espessuras de 0,296 mm e 0,498 mm. Realizou-se o cálculo da CSR utilizando-se a seguinte equação:

$$CSR = \frac{X_b \ln \left(2 \frac{L_a}{L_0} \right) - X_a \ln \left(2 \frac{L_b}{L_0} \right)}{\ln \left(\frac{L_a}{L_b} \right)}$$

sendo:

\ln = logaritmo neperiano

L_0 = leitura inicial de exposição

L_a = leitura de exposição imediatamente superior a $L_0/2$

L_b = leitura de exposição imediatamente inferior a $L_0/2$

x_a = espessura de alumínio correspondente à leitura L_a

x_b = espessura de alumínio correspondente à leitura L_b

h) Exatidão da tensão

Para a exatidão da tensão no tubo, foram realizadas quatro medidas para cada valor de tensão, utilizadas neste estudo como 26 kV, 28kV, 30 kV e 32 kV, com o produto da corrente pelo tempo fixado em 50 mAs. Calculou-se a média das quatro leituras obtidas em cada tensão e determinou-se o desvio (d) entre os valores nominais e os valores médios de acordo com a seguinte equação:

$$d(\%) = 100 \frac{kV_{nom} - kV_{médio}}{kV_{nom}}$$

sendo:

d = desvio

kV_{nom} = tensão nominal selecionada no equipamento

$kV_{médio}$ = média dos valores medidos para cada valor de tensão

Para esse parâmetro, aceitou-se como conformidade o desvio de $\pm 0,05\%$ (BRASIL, 2005).

i) Dose na entrada do simulador

Determinou-se a dose de radiação na superfície de entrada do simulador por meio da medida da grandeza dosimétrica kerma no ar (K_i), estabelecida pela Portaria/MS/SVS nº 453 (BRASIL, 1998), utilizando o dosímetro clínico com detector de estado sólido calibrado para mamografia. As medidas foram realizadas com as mesmas técnicas radiográficas selecionadas para a tomada da imagem do simulador radiográfico. Tendo em vista que o valor de referência para esse parâmetro, estabelecido pela Portaria/MS/SVS nº 453 (BRASIL, 1998), é de 10 mGy, e que para se obter alteração perceptível da densidade ótima em uma imagem radiográfica é necessária uma variação da ordem de 30% na quantidade da radiação que atinge o receptor de imagem, neste trabalho, estabeleceu-se este limite de variação como aceitável para o valor da dose de entrada em um simulador radiográfico de mama.

3.4.2.3 Determinação da dose glandular média (D_g) a partir da medida do kerma no ar (K_i)

Estimou-se a D_g de acordo com o código de prática internacional de dosimetria (OIEA, 2006), que adota a metodologia de cálculo do protocolo europeu para dosimetria em mamografia (ZOETELIEF et al., 1996), a partir do K_i e dos valores tabelados para os coeficientes de conversão (DANCE, 1990; DANCE et al., 2000), considerando-se o valor da CSR, a espessura de 5,3 cm da mama comprimida e a composição da mama em 50% de tecido glandular e 50% de tecido adiposo. Realizou-se o cálculo conforme a seguinte equação:

$$D_g = K_i \cdot g \cdot c \cdot s$$

sendo:

K_i = dose na entrada do simulador medida em cada mamógrafo

g e c = coeficientes de conversão tabulados por Dance (1990) que dependem da espessura e da composição mamária, bem como da qualidade do feixe (CSR)

s = valor que depende da combinação alvo/filtro; neste estudo, padronizado em Mo/Mo, cujo valor é 1,000

3.5 Análise dos dados

Após a coleta de informações e a obtenção dos resultados dos testes aplicados para a avaliação da qualidade da imagem e do desempenho dos equipamentos, foram adotados dois procedimentos. O primeiro, referiu-se à competência da Vigilância Sanitária. Para isso, as informações foram consolidadas em um relatório técnico que foi encaminhado para os serviços inspecionados, por meio de uma notificação do órgão fiscalizador, apresentando a situação dos mamógrafos e, quando necessário, solicitando a correção das irregularidades dentro de um prazo determinado.

O segundo procedimento teve como enfoque a realização desta pesquisa. Assim, todos os dados coletados e avaliados foram organizados e distribuídos em quatro planilhas referentes a cada ano de estudo: 2007, 2008, 2009 e 2010. Essas quatro planilhas constituíram o banco de dados usado no presente estudo.

Realizou-se a análise estatística de todos os dados por meio do programa *Statistical Package for Social Sciences* 17.0 (SPSS, SPSS Incorporation, Chicago, IL, Estados Unidos). As variáveis categóricas foram expressas em frequências e percentuais e as variáveis contínuas em média e desvio padrão. Utilizou-se o “Teste Kolmogorov-smirnov” para verificar a distribuição normal das variáveis.

4 PUBLICAÇÕES

Artigo 1 – Estimativa da cobertura mamográfica no estado de Goiás, Brasil

Autores: Rosângela da Silveira Corrêa, Ruffo Freitas-Junior, João Emílio Peixoto, Danielle Cristina Netto Rodrigues, Maria Eugênia da Fonseca Lemos, Lucy Aparecida Parreira Marins, Erika Aparecida da Silveira

Situação atual: Publicado no periódico Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 27, n. 9, p. 1757–1767, 2011

Artigo 2 – Efetividade de programa de controle de qualidade em mamografia para o Sistema Único de Saúde

Autores: Rosângela da Silveira Corrêa, Ruffo Freitas-Junior, João Emílio Peixoto, Danielle Cristina Netto Rodrigues, Maria Eugênia da Fonseca Lemos, Cintia Melazo Dias, Rubemar de Souza Ferreira

Situação atual: Submetido para publicação no periódico Revista de Saúde Pública

Artigo 3 – Análise da infraestrutura para o rastreamento mamográfico no estado de Goiás, Brasil, 2010

Autores: Rosângela da Silveira Corrêa, Ruffo Freitas-Junior, João Emílio Peixoto, Danielle Cristina Netto Rodrigues, Suzana Alves Bastos, Lucy Aparecida Parreira Marins, Rubemar de Souza Ferreira

Situação atual: A ser submetido para publicação no periódico Radiologia Brasileira

Artigo 4 – Estimativa do risco de câncer radioinduzido em rastreamento mamográfico

Autores: Rosangela da Silveira Corrêa, João Emílio Peixoto, Rubemar de Souza Ferreira, Rodrigo Tanaka, Ruffo Freitas-Junior

Situação atual: A ser submetido para publicação

Estimativa da cobertura mamográfica no Estado de Goiás, Brasil

Estimated mammography coverage in Goiás State, Brazil

Rosangela da Silveira Corrêa^{1,2}, Ruffo Freitas-Junior², João Emílio Peixoto^{1,3}, Danielle Cristina Netto Rodrigues⁴, Maria Eugênia da Fonseca Lemos¹, Lucy Aparecida Parreira Marins⁵, Érika Aparecida da Silveira²

Abstract

This cross-sectional study aimed to estimate mammogram coverage in the State of Goiás, Brazil, describing the supply, demand, and variations in different age groups, evaluating 98 mammography services as observational units. We estimated the mammogram rates by age group and type of health service, as well as the number of tests required to cover 70% and 100% of the target population. We assessed the association between mammograms, geographical distribution of mammography machines, type of service, and age group. Full coverage estimates, considering 100% of women in the 40-69 and 50-69-year age brackets, were 61% and 66%, of which the Brazilian Unified National Health System provided 13% and 14%, respectively. To achieve 70% coverage, 43,424 additional mammograms would be needed. All the associations showed statistically significant differences ($p < 0.001$). We conclude that mammogram coverage is unevenly distributed in the State of Goiás and that fewer tests are performed than required.

Mamography; Breast Neoplasms; Health Services Coverage

¹ Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Abadia de Goiás, Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

³ Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

⁵ Superintendência de Vigilância Sanitária e Ambiental de Goiás, Goiânia, Brasil.

Introdução

O câncer de mama apresenta elevada incidência e mortalidade em todo o mundo, representando um problema de saúde pública ^{1,2,3}. O aumento da detecção de casos de câncer de mama e a conseqüente redução da mortalidade por esta causa no continente norte-americano e em países no norte da Europa têm sido atribuídos, em parte, à introdução do rastreamento organizado e ao tratamento adequado dos casos identificados ^{4,5}.

Atualmente, entre os métodos disponíveis para diagnóstico e detecção precoce do câncer de mama, o mais indicado para o rastreamento em massa é a mamografia. As razões para isso são: capacidade de mostrar todas as estruturas de importância para o diagnóstico, simplicidade do método e boa relação custo-efetividade ⁶.

Ensaio clínico aleatório controlado evidenciaram redução significativa na mortalidade por câncer de mama, apontando os grupos etários beneficiados pelo rastreamento. Assim, houve impacto real sobre a mortalidade por esta doença em mulheres entre 50 e 69 anos que realizam mamografia a intervalos de dois anos. Em mulheres mais jovens, na faixa etária entre 40 e 49 anos, o resultado do estudo de maior casuística demonstrou impacto menor ⁷.

Ao pesquisar a literatura, verifica-se que não há consenso quanto à faixa etária indicada para a realização da mamografia ^{8,9}. Isso também ocorre no Brasil, pois o Instituto Nacional de Câncer (INCA) recomenda a realização de mamografia bienal para mulheres na faixa etária de 50 a 69 anos ¹⁰, a Sociedade Brasileira de Mastologia (SBM) preconiza que mulheres acima de 40 anos devem realizar mamografia anualmente ¹¹ e, a partir de 2009, a Lei Federal nº 11.664, de 29 de abril de 2008, assegura a realização de exame mamográfico pelo Sistema Único de Saúde (SUS) a todas as mulheres com 40 anos ou mais ¹².

A Organização Mundial de Saúde (OMS) sugere que, para o início de um programa de rastreamento mamográfico de base populacional, pelo menos 70% da população-alvo seja coberta pela mamografia ¹³. No Brasil, programas

de rastreamento organizado ainda não são realidade em decorrência de diversos fatores, como: falta de infraestrutura necessária para todas as rotinas do programa, baixo grau de cobertura da população-alvo com a mamografia, alto custo dos procedimentos e falta de seguimento da população estudada a médio e longo prazos. Por isso, são conduzidos somente rastreamentos oportunistas, quando as mulheres procuram espontaneamente os serviços de saúde e recebem recomendações para que realizem o exame e, a seguir, são submetidas ao procedimento ¹⁴.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo principal estimar a cobertura da mamografia, descrevendo a oferta e a demanda no estado de Goiás e as variações de cobertura para as diversas faixas etárias. Em adição a isso, teve como objetivos secundários analisar a infraestrutura instalada e o tipo de atendimento oferecido às mulheres por regional de saúde no estado.

Métodos

Este estudo transversal teve como unidade de observação os serviços de mamografia no estado de Goiás, Brasil. Participaram da pesquisa 98 serviços, cujos mamógrafos estavam em uso em 2008 e que realizaram este tipo de exame para o SUS e para o sistema não SUS, que inclui o sistema de saúde suplementar (convênios de saúde) e as mulheres que pagaram o exame com recursos próprios. Foram excluídos do estudo os serviços cujos mamógrafos estavam fora de operação por problemas técnicos ou interditados pelos órgãos responsáveis por sua fiscalização e controle.

Área de estudo

O estado de Goiás está localizado na Região Centro-Oeste do país, ocupando uma área de 340.103,467 km² ¹⁵, com população de 5.844.996 habitantes em 2008 ¹⁶. Possui 246 municípios distribuídos em 16 regionais de

saúde ¹⁷. O município de Goiânia, capital do estado, fica localizado a 209 km da capital federal, Brasília.

Levantamento dos dados de infraestrutura

Os serviços de mamografia foram identificados a partir do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) ¹⁸ do Ministério da Saúde e, para o levantamento da infraestrutura disponível, foi aplicado instrumento de coleta de dados elaborado especificamente para esta pesquisa.

A localização geográfica dos serviços incluídos na pesquisa foi estabelecida utilizando-se o Plano Diretor de Regionalização de Goiás, que divide o estado em regionais de saúde ¹⁷.

As informações acerca da população feminina por faixa etária, de acordo com as regionais de saúde, foram obtidas na página na Internet do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), com base nos dados intercensitários do IBGE para 2008 ¹⁹.

População-alvo e cobertura

Neste estudo, as mulheres na faixa etária de 40 a 69 anos e aquelas com 35 anos ou mais apresentando risco elevado para câncer de mama foram consideradas como população-alvo. A estimativa da cobertura foi expressa em porcentagem, entre o número de exames realizados pelo número dos exames esperados na população-alvo.

Para o cálculo do número de exames esperados desta população foi utilizada a recomendação do INCA, órgão oficial do Ministério da Saúde para o desenvolvimento das políticas de saúde para o país ²⁰, ajustada para a faixa etária de 40 a 49 anos. Na programação de procedimentos, faz-se necessário prever que, em determinado ano, 50% das mulheres na faixa etária de 50 a 69

anos farão rastreamento por meio do exame clínico da mama (ECM), complementado com mamografia diagnóstica em 8,9% desta população, que apresentará ECM alterado, enquanto os outros 50% realizarão ECM e mamografia de rastreamento, independentemente dos achados no ECM. No grupo de risco elevado para câncer de mama, a base populacional equivale a 1% das mulheres de 35 anos ou mais, entre as quais, estima-se que 100% farão mamografia de rastreamento e 8,9% farão mamografia diagnóstica²⁰.

Para a estimativa da cobertura do SUS, os exames realizados referem-se aos dados da produção mamográfica da população-alvo disponíveis no Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA) do DATASUS²¹. Os dados referentes à produção mamográfica do sistema não SUS foram informados pelos próprios serviços incluídos no estudo.

Foram calculadas as frequências de realização da mamografia pelo SUS para as faixas etárias de menos de 35 anos, de 35 a 39 anos, de 40 a 49 anos, de 50 a 59 anos, de 60 a 69 anos e de 70 anos ou mais. Como para os dados sobre o sistema não SUS coletados não havia informações sobre as faixas etárias, estes foram ajustados considerando-se para este estudo a mesma distribuição por faixa etária dos exames realizados pelo SUS. Assim, a partir desses dados, foram avaliadas as estimativas da cobertura pelo SUS e pelo sistema não SUS para 70%¹³ e 100% da população-alvo.

Análise de dados

A análise estatística foi realizada por meio do programa *Statistical Package for Social Sciences*TM 17.0 (SPSS). Foram calculadas as frequências absolutas e relativas das variáveis e os percentuais de cobertura com intervalo de confiança de 95%. Utilizou-se o teste qui-quadrado para avaliar a associação entre a realização da mamografia e a distribuição geográfica dos mamógrafos, o tipo de atendimento e a faixa etária, adotando-se o nível de significância de 5%.

Considerando-se que cada serviço pode realizar 30 exames diários, as regionais de saúde foram categorizadas de acordo com sua capacidade potencial de realização de mamografias anualmente, bienalmente ou acima de dois anos, conforme a população-alvo, em: categoria 1 – um mamógrafo para 6.000 mulheres ou menos; categoria 2 – um mamógrafo para a faixa de 6.001 a 12.000 mulheres; e categoria 3 – um mamógrafo para 12.001 ou mais mulheres.

Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa “Dr. Henrique Santillo”, da Secretaria de Estado de Saúde de Goiás, protocolo nº 00061177000-5, não tendo sido necessário assinar termo de consentimento livre e esclarecido.

Resultados

Em 2008, dos 115 mamógrafos existentes no estado de Goiás, 103 estavam em uso, instalados em 98 serviços. Desse total de serviços, 45 (45,9%) participavam do atendimento ao SUS e 53 (54,1%) faziam atendimento exclusivamente para o sistema não SUS. Entre os 45 serviços que atendiam ao SUS, 10 (22,2%) eram públicos e 35 (77,8%) pertenciam a serviços privados com credenciamento do SUS para mamografia.

Pela análise das características tecnológicas e dos anos de operação dos 103 mamógrafos em uso, constatou-se que 78 unidades (75,7%) eram do tipo convencional, em que a imagem é adquirida e registrada em filme de raios-X, enquanto 25 (24,3%) eram do tipo digital, no qual a imagem é adquirida com o auxílio de técnicas numéricas em detectores específicos e registrada em um sistema computadorizado. Desse total, 83 (80,6%) mamógrafos eram

importados e 20 (19,4%), de fabricação nacional, 68 (66%) estavam em uso há 15 anos ou menos e 35 (34%), há mais de 15 anos.

Os mamógrafos em uso no estado encontravam-se distribuídos em 31 municípios e todas as 16 regionais de saúde possuíam pelo menos um equipamento, embora duas delas não possuíssem mamógrafos que atendessem ao SUS. Em relação à distribuição geográfica dos mamógrafos em uso, na Tabela 1, observa-se que 51 (49,5%) estavam instalados na regional de saúde Central e nove (8,7%) na regional Pirineus, estando os restantes 43 (41,8%) distribuídos entre as demais regionais de saúde.

No ano de 2008, entre a população residente no estado de Goiás, havia 2.952.975 mulheres, das quais, 790.770 (26,7%) estavam na faixa etária de 40 a 69 anos e 402.489 (13,6%), de 50 a 69 anos. Para as faixas etárias de 40 a 69 anos e de 50 a 69 anos, respectivamente, estimaram-se para o estado de Goiás as relações de 7.677 mulheres/mamógrafo e 3.908 mulheres/mamógrafo, variando de 4.688 mulheres/mamógrafo e 2.444 mulheres/mamógrafo na regional Central a 17.828 mulheres/mamógrafo e 9.596 mulheres/mamógrafo na regional Oeste I. A distribuição do número de mulheres para as duas faixas etárias estudadas por regional de saúde encontra-se na Tabela 1.

Na Figura 1, são apresentadas as regionais de saúde de acordo com a capacidade potencial de realização de mamografias em mulheres nas faixas de 40 a 69 anos e de 50 a 69 anos. Para a faixa etária de 40 a 69 anos, uma regional de saúde do estado de Goiás estava na categoria 1, sete na categoria 2 e as demais, na categoria 3. Para a faixa etária de 50 a 69 anos, nove regionais de saúde estavam na categoria 1, sete na categoria 2 e nenhuma na categoria 3.

O número de exames esperados anualmente para 100% e 70% de cobertura em 2008, de acordo com as faixas etárias incluídas neste estudo, é apresentado na Tabela 2. Esperava-se a realização de 231.524 exames para a cobertura de 100% e de 165.777 exames para 70% de cobertura da população feminina entre 50 e 69 anos e das mulheres com risco elevado para câncer de

mama. Para a faixa de 40 a 69 anos e o grupo de risco seriam esperados 442.942 exames para 100% de cobertura e 313.770 para 70%.

Tabela 1. Distribuição geográfica dos mamógrafos em uso por regional de saúde e das mulheres nas faixas etárias de 40 a 69 anos e de 50 a 69 anos. Estado de Goiás, Brasil, 2008.

| Regional | Mulheres (nº) | | Mamógrafos (nº) | |
|------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------|
| | 40 a 69 anos | 50 a 69 anos | Total | SUS |
| Central | 239.095 | 124.669 | 51 | 16 |
| Centro-sul | 97.890 | 46.806 | 5 | 3 |
| Entorno norte | 32.039 | 15.686 | 4 | 2 |
| Entorno sul | 65.220 | 28.022 | 5 | 3 |
| Estrada de ferro | 36.628 | 19.282 | 3 | 1 |
| Nordeste | 6.907 | 3.655 | 1 | 1 |
| Norte | 18.269 | 9.573 | 2 | 2 |
| Oeste I | 17.828 | 9.596 | 1 | 1 |
| Oeste II | 16.414 | 8.911 | 1 | 0 |
| Pirineus | 66.261 | 34.429 | 9 | 5 |
| Rio Vermelho | 27.998 | 14.675 | 4 | 2 |
| São Patrício | 41.208 | 21.940 | 3 | 2 |
| Serra da Mesa | 15.512 | 8.142 | 1 | 0 |
| Sudoeste I | 48.271 | 24.755 | 4 | 2 |
| Sudoeste II | 25.419 | 13.239 | 4 | 2 |
| Sul | 35.811 | 19.109 | 5 | 3 |
| Goiás | 790.770 | 402.489 | 103 | 45 |

SUS: Sistema Único de Saúde.

Fonte: dados populacionais (Departamento de Informática do SUS. Informações de saúde: projetos intercensitários 2008. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?ibge/cnv/popgo.def>, acessado em 12/Jul/2009); dados sobre o número de mamógrafos originais dos autores.

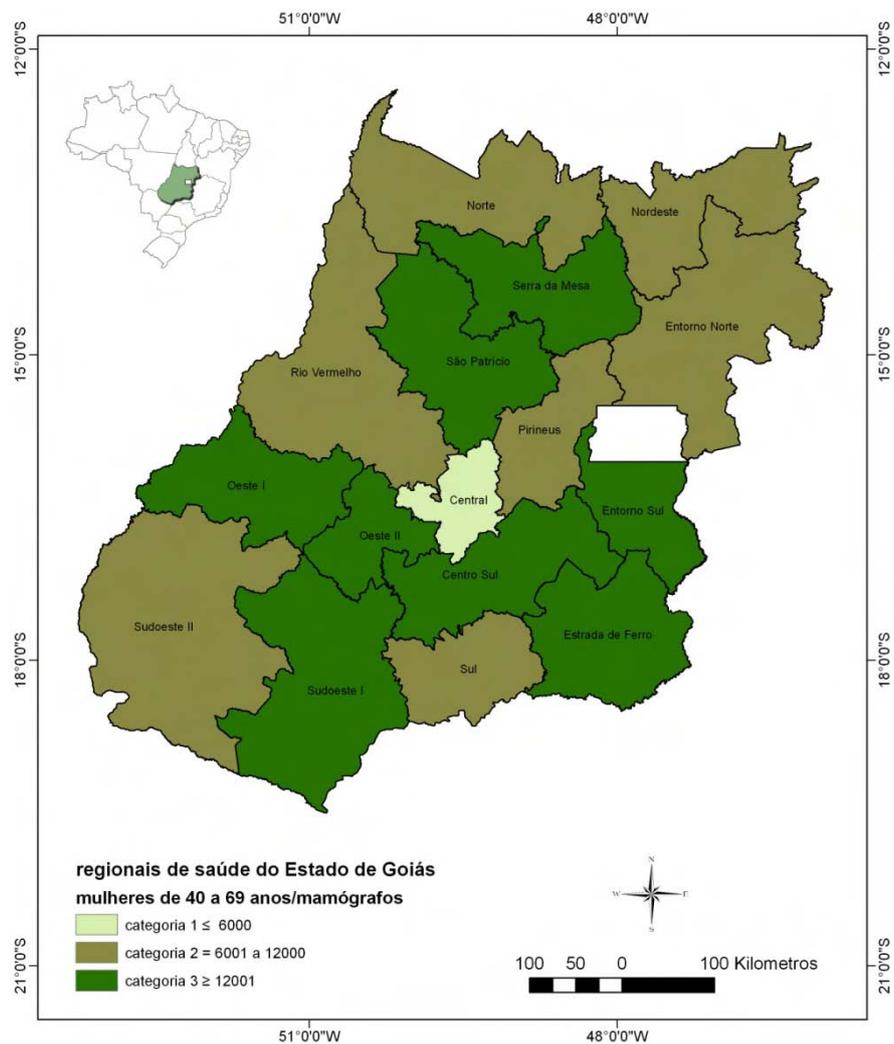


Figura 1. Representação espacial da relação de mulheres de 40 a 69 anos por mamógrafo em uso de acordo com as regionais de saúde. Estado de Goiás, Brasil, 2008.

Em 2008, foram realizadas 59.462 mamografias pelo SUS no estado de Goiás, tendo sido 59.144 (99,5%) para o sexo feminino e 318 (0,5%) para o sexo masculino. Das mamografias realizadas em mulheres, 1.655 (2,8%) foram na faixa etária abaixo de 35 anos, 4.532 (7,7%) entre 35 e 39 anos, 24.826 (42%) entre 40 e 49 anos, 18.201 (30,8%) entre 50 e 59 anos, 7.472 (12,6%) entre 60 e 69 anos e 2.458 (4,1%) naquelas com 70 anos ou mais. Os coeficientes de realização de mamografias pelo SUS nas faixas etárias de 40 a 49 anos, 50 a 59 anos e 60 a 69 anos foram 64, 72 e 50 por mil mulheres,

respectivamente. Em relação à produção por natureza do serviço, 46.673 (78,5%) mamografias foram realizadas em estabelecimentos privados, 8.362 (14%) em serviços filantrópicos e 4.427 (7,45%) pela rede própria. O sistema não SUS realizou 212.857 mamografias para mulheres na faixa de 40 a 69 anos de idade e no grupo de risco.

Tabela 2. Estimativa de mamografias para cobertura de 100% e de 70% da população-alvo. Estado de Goiás, Brasil, 2008.

| População-alvo | Exames esperados (nº) | | Total |
|------------------------------|-----------------------|-------------|---------|
| | Tipo de mamografia | | |
| | Rastreamento | Diagnóstica | |
| 100% cobertura bienal | | | |
| 40 a 69 anos | 395.385 | 35.189 | 430.574 |
| 50 a 69 anos | 201.245 | 17.911 | 219.156 |
| Grupo de risco ¹ | 11.357 | 1.011 | 12.368 |
| 70% cobertura bienal | | | |
| 40 a 69 anos | 276.770 | 24.632 | 301.402 |
| 50 a 69 anos | 140.871 | 12.538 | 153.409 |
| Grupo de risco | 11.357 | 1.011 | 12.368 |

¹ Mulheres com 35 anos ou mais apresentando risco elevado para câncer de mama.
 Fonte: Dados populacionais (Departamento de Informática do SUS. Informações de saúde: projeto intercensitários 2008. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?ibge/cnv/popgo.def>, acessado em 12/Jul/2009); forma de cálculo baseada em parâmetros do Instituto Nacional de Câncer ²⁰.

Na Tabela 3, observa-se desigualdade tanto na distribuição da realização de exames entre as categorias das regionais de saúde quanto no número de mamografias realizadas pelo SUS e pelo sistema não SUS, tendo este último realizado quatro vezes mais exames do que o primeiro ($p < 0,001$).

Para atender 100% e 70% da população feminina de 40 a 69 anos no estado de Goiás, seria necessário realizar 172.594 e 43.424 mamografias adicionais ao ano, respectivamente. Houve variação significativa na taxa percentual de cobertura mamográfica para 100% da população-alvo entre as diversas regionais de saúde do estado de Goiás, desde 2,7% na regional Oeste I até 134,2% na regional Central.

Tabela 3. Número total de mamografias (Sistema Único de Saúde – SUS e não SUS) realizadas por categoria das regionais de saúde e por tipo de atendimento, número de mamografias realizadas pelo SUS por faixa etária e comparações estatísticas. Estado de Goiás, Brasil, 2008.

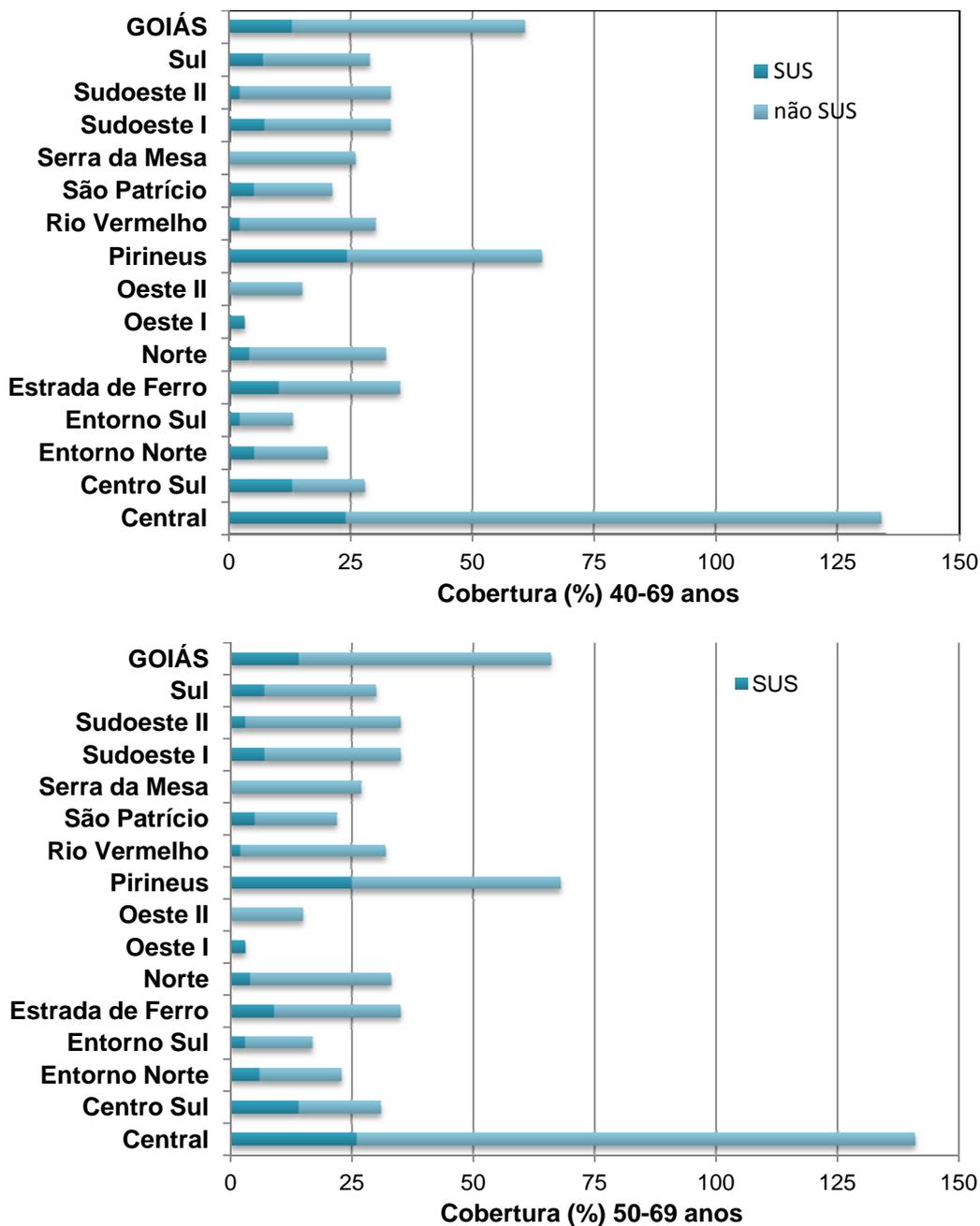
| Variável | Mamografia | | |
|---|------------------------|--------------------|---------|
| | Exames realizados (nº) | População-alvo (%) | p* |
| Capacidade potencial de realização de mamografias | | | |
| Categoria 1 | 179.690 | 134,2 | |
| Categoria 2 | 45.788 | 38,4 | < 0,001 |
| Categoria 3 | 44.868 | 23,6 | |
| Tipo de atendimento | | | |
| SUS | 57.489 | 13,0 | |
| Sistema não SUS | 212.857 | 48,0 | < 0,001 |
| Faixa etária (SUS) | | | |
| 40 a 49 anos | 24.826 | 10,9 | |
| 50 a 59 anos | 18.201 | 12,2 | |
| 60 a 69 anos | 7.472 | 8,6 | < 0,001 |
| Grupo de risco** | 6.990 | 11,9 | |

* Teste qui-quadrado;

** Mulheres com 35 anos ou mais apresentando risco elevado para câncer de mama.

Nota: categoria 1 (um mamógrafo para 6.000 mulheres ou menos); categoria 2 (um mamógrafo para a faixa de 6.001 a 12.000 mulheres); categoria 3 (um mamógrafo para 12.001 ou mais mulheres) Fonte: dados do SUS no Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA) do Departamento de Informática do SUS (DATASUS. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sia/cnv/qbgo.def>, acessado em 10/Jul/2009); dados do sistema não SUS originais dos autores.

Apresenta-se na Figura 2 a distribuição percentual da cobertura (SUS e não SUS) para 100% da população-alvo definida neste estudo, de acordo com as regionais de saúde.



Nota: na regional central o número de exames realizados pelos serviços foi superior ao número de exames esperados de acordo com a população-alvo.

Figura 2. Distribuição percentual da cobertura de mamografia para mulheres de 40 a 69 anos e de 50 a 69 anos por tipo de atendimento e por regional de saúde. Estado de Goiás, Brasil, 2008.

Para a faixa etária de 40 a 69 anos, a estimativa da cobertura no estado de Goiás foi de 61%, tendo o SUS contribuído com 13% e o sistema não SUS, com 48%. Para a faixa etária de 50 a 69 anos, a estimativa da cobertura no estado de Goiás foi de 66%, tendo o SUS contribuído com 14% e o sistema não SUS, com 52%. Embora a regional Nordeste disponha de um mamógrafo da rede própria do SUS, no SIA do DATASUS não foram encontradas informações sobre o número de exames realizados em 2008.

Discussão

A cobertura mamográfica como indicador de acesso pode ser avaliada a partir do número de mamógrafos existentes no estado, de sua distribuição geográfica e capacidade operacional ²². Considerando que cada mamógrafo pode realizar até 30 exames diários em um total de 400 dias úteis em dois anos, é possível estabelecer que, neste período, cada mamógrafo poderia atender a 12.000 mulheres ²³. Assim, seria possível pressupor que Goiás dispõe de um número de mamógrafos suficiente para atender à população de 790.770 mulheres, entre 40 e 69 anos para realizar mamografia bianualmente. Porém, a análise desse parâmetro por regional de saúde mostra que a suficiência é apenas aparente, tanto em função da distribuição desigual dos mamógrafos como também pela baixa produção de exames pela rede própria do SUS, o que se reflete na infraestrutura de atendimento às mulheres. Entretanto, 35 mamógrafos instalados e em funcionamento têm mais de 15 anos de fabricação, o que indica que, em breve, deverão ser substituídos por novos aparelhos com tecnologia mais moderna e adequada.

Para assegurar a base populacional de um programa de rastreamento organizado, este deve ser implantado pelo setor público e as mulheres atendidas pelo setor privado devem ser elegíveis para nele participar ²⁴. Assim, ao comparar os indicadores de cobertura em relação à base populacional, constata-se que a participação do SUS na cobertura mamográfica do estado de Goiás ainda é pequena, acompanhando a mesma tendência no país como um

todo ^{25,26}. Isso pode ser decorrente da distribuição desigual dos mamógrafos e de sua capacidade operacional reduzida, refletindo-se nos níveis de cobertura estimados por regional de saúde. Como instrumento de equidade social em um programa de detecção precoce do câncer de mama, a participação do governo federal, por intermédio do SUS, torna-se primordial e pode interferir diretamente no que se espera de um programa equânime, integral e de fácil acesso.

Corroborando os resultados encontrados no presente estudo para o estado de Goiás, nos Estados Unidos, país em que a American Cancer Society ²⁷ recomenda a partir dos 40 anos para todas as mulheres, também foi constatada desigualdade na cobertura mamográfica em 2006, variando de 48,7% a 71,4% nos vários estados avaliados.

Comparando-se os dados apurados no presente estudo para a faixa etária de 40 a 69 anos com os dados obtidos na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) em 2003 ²⁶, observa-se que a cobertura mamográfica no estado de Goiás aumentou de 48% para 61%. Na faixa etária de 50 a 69 anos, a prevalência de realização de mamografias, de acordo com a PNAD, foi de 46% em 2003 ²⁶, aumentando para 71% em 2008 ²⁸, sendo este último valor próximo ao encontrado neste estudo, que registrou 66%. No entanto, a mesma comparação mostra que não houve mudança percentual na cobertura mamográfica pelo SUS, uma vez que o aumento verificado se deu em virtude do crescimento da cobertura instituída pelo sistema não SUS no período.

Deve-se destacar, entretanto, que há diferenças entre a metodologia empregada na PNAD de 2003 e 2008 e a que foi utilizada na pesquisa aqui apresentada. Enquanto na PNAD foi utilizada metodologia baseada em inquérito domiciliar realizado com uma parcela da população, no presente trabalho, foram levantados os números médios de exames mensais realizados pelos serviços de mamografia no estado de Goiás no ano de 2008.

Ainda que esses estudos não sejam plenamente comparáveis, um dos fatores sugestivos do aumento da cobertura mamográfica no estado de Goiás é

a redução do número de casos avançados de tumores, concomitantemente ao aumento expressivo do número de tumores de mama iniciais não invasivos observados pelo Registro de Câncer de Base Populacional de Goiânia^{29,30}. Isso explica, pelo menos em parte, que o rastreamento mamográfico oportunístico tem conseguido detectar um número maior de casos, fato também observado previamente em outros locais que utilizaram a mamografia como método de rastreamento nos anos 80 e 90^{2,31}.

Existem controvérsias, no Brasil e em outros países, a respeito da faixa etária em que deve ser iniciado o rastreamento mamográfico e qual o melhor intervalo para realizá-lo^{8,9}. Embora haja essa ausência de consenso entre organismos nacionais^{10,11,12}, analisando os dados da produção da mamografia pelo SUS em 2008, por faixa etária, verificou-se prevalência de mamografias no grupo de 40 a 49 anos. Esses resultados se mostram consistentes com as observações de outros estudos, nos quais se identificou a relação médico-paciente como o preditor mais forte para a realização da mamografia nesta faixa etária^{32,33}.

Uma limitação do nosso estudo consiste no fato de ser um rastreamento oportunístico, em que não há controle sobre a população que realiza a mamografia. Assim, pode ocorrer repetição de exames em uma mesma mulher, o que pode levar a resultados superestimados. Todavia, nossos resultados se mostraram coerentes com os de outros estudos^{26,27,28}.

A análise por regional de saúde mostrou que, com exceção da regional Central, a qual apresentou cobertura de 134%, e da regional Pirineus com 64% de cobertura, as demais regionais apresentaram valores abaixo daqueles registrados pela PNAD em 2003²⁶ e em 2008²⁸, tanto para exames realizados pelo SUS quanto para os não SUS. Portanto, o estado de Goiás deve rever suas políticas de saúde e aparelhar melhor suas próprias unidades de saúde, além de realizar ações que melhorem o desempenho dos programas de assistência à saúde da mulher.

Na Constituição Brasileira de 1988, a saúde é colocada como um direito de todos e um dever do Estado³⁴. Trata-se de uma questão de justiça social,

de direitos humanos fundamentais e de promoção da equidade em matéria de saúde. Contudo, essa é uma área, como tantas outras, em que a teoria e a prática estão muitas vezes dissociadas.

Conclusão

Os resultados aqui apresentados mostram que a estimativa da cobertura mamográfica é desigual entre as regionais de saúde do estado de Goiás. Nessa perspectiva, detectou-se que a regional Central possui uma grande concentração de mamógrafos e realiza um número de exames superior da população-alvo em comparação com as demais regionais de saúde. Também se observou que a oferta de exames é menor do que a demanda, que a produção do SUS é inferior à do sistema não SUS e que há prevalência de mamografias pelo SUS no grupo de mulheres entre 40 e 49 anos. Por fim, o número de mamógrafos em uso é suficiente, embora haja necessidade de substituição de um quarto deles nos próximos anos.

Resumo

Este estudo transversal objetivou estimar a cobertura da mamografia no Estado de Goiás, Brasil, descrevendo sua oferta, demanda e variações para as diversas faixas etárias, tendo como unidades de observação 98 serviços de mamografia. Foram estimados as frequências de realização da mamografia por faixa etária e tipo de sistema de saúde, bem como o número de exames necessários para a cobertura de 70% e 100% da população-alvo. Foi avaliada a associação entre a realização da mamografia, a distribuição geográfica dos mamógrafos, o tipo de atendimento e a faixa etária. As estimativas de cobertura total para 100% das mulheres nas faixas etárias de 40-69 anos e de 50-69 anos foram de 61% e 66%, tendo o Sistema Único de Saúde contribuído com 13% e 14%, respectivamente. Para atingir 70% de cobertura, seria necessário realizar 43.424 mamografias adicionais. Todas as associações

apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,001$). Conclui-se que a cobertura da mamografia está distribuída de maneira desigual no Estado de Goiás e o número de exames realizados é inferior ao necessário.

Mamografia; Neoplasias de Mama; Cobertura de Serviços de Saúde

Colaboradores

R. S. Corrêa colaborou na concepção, aquisição e análise dos dados, redação do artigo e aprovação final. R. Freitas-Junior e E. A. Silveira participaram da análise e interpretação dos dados, revisão crítica do artigo e aprovação final. J. E. Peixoto contribuiu na concepção, análise e interpretação dos dados revisão crítica do artigo e aprovação final. D. C. N. Rodrigues colaborou na aquisição de dados, análise e interpretação dos dados, redação do artigo e aprovação final. M. E. F. Lemos e L. A. P. Marins contribuíram na aquisição dos dados, revisão crítica e aprovação.

Agradecimentos

Aos servidores do Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CRCN-CO/CNEN) e da Superintendência de Vigilância Sanitária e Ambiental de Goiás que colaboraram com a coleta de dados. E ao Instituto Avon pelo apoio financeiro para a revisão do trabalho. O trabalho foi financiado pelo Edital PPSUS 2004 (Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde – DECIT/MS) por intermédio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e apoio da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás (SECTEC-GO).

Referências

1. Caleffi M, Ribeiro RA, Duarte Filho DL, Ashton-Prolla P, Bedin Junior AJ, Skonieski1 GP, et al. A model to optimize public health care and downstage

- breast cancer in limited-resource populations in southern Brazil. (Porto Alegre Breast Health Intervention Cohort). *BMC Public Health* 2009; 9:83.
2. Parkin DM, Whelan SL, Ferlay J, Teppo L, Thomas DB. *Cancer incidence in five continents*. Lyon: IARC; 2002.
 3. Brasil. Ministério da Saúde. *Estimativa 2010: incidência de câncer no Brasil*. Rio de Janeiro: INCA; 2009. <http://www.inca.gov.br/estimativa/2010/estimativa20091201.pdf> (acessado em 20/Dez/2009).
 4. Jemal A, Center MM, DeSantis C, Ward EM. Global patterns of cancer incidence and mortality rates and trends. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2010; 19:1893-907.
 5. Smith RA, Cokkinides V, Brawley OW. Cancer screening in the United States, 2009: A review of current American Cancer Society guidelines and issues in cancer screening. *CA Cancer J Clin*. 2009; 59:27-41.
 6. Perry N, Broeders M, Wolf C, Törnberg S, Holland R., von Karsa L. *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*. 4th ed. Brussels: European Commission; 2006. http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/cancer/fp_cancer_2002_ext_guid_01.pdf (acessado em 10/Jul/2009).
 7. Autier P, Boniol M, La Vecchia C, Vatten L, Gavin A, Héry C, et al. Disparities in breast cancer mortality trends between 30 European countries: retrospective trend analysis of WHO mortality database. *BMJ*. 2010; 341:c3620.
 8. US Preventive Services Task Force. Screening for breast cancer: recommendation statement. *Ann Intern Med*. 2009; 151:716-26.
 9. Nelson HD, Tyne K, Naik A, Bougatsos C, Chan BK, Nygren P, et al. Screening for breast cancer: Systematic evidence review update for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med*. 2009; 151:727-37.
 10. Brasil. Ministério da Saúde. *Controle do câncer de mama: documento de consenso*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; 2004.

<http://www.inca.gov.br/publicacoes/Consensointegra.pdf> (acessado em 7/Jul/2009).

11. Sociedade Brasileira de Mastologia. Recomendações da X Reunião Nacional de Consenso. Rastreamento do câncer de mama na mulher brasileira. São Paulo, 2008. http://www.sbmastologia.com.br/downloads/reuniao_de_consenso_2008.pdf (acessado em 3/Jul/2009).
12. Brasil. Lei nº 11.664, de 29 de abril de 2008. Dispõe sobre a efetivação de ações de saúde que assegurem a prevenção, a detecção, o tratamento e o seguimento dos cânceres do colo uterino e de mama, no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS. *Diário Oficial da União*, Brasília-DF, 30 abr. 2008. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11664.htm (acessado em 3/Jul/2009).
13. World Health Organization. Early detection. Cancer control: knowledge into action: WHO guide for effective programmes; module 3. Geneva: WHO; 2007. <http://www.who.int/cancer/modules/Early%20Detection%20Module%203.pdf> (acessado em 15/Jul/2009).
14. Brasil. Ministério da Saúde. A situação do câncer no Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; 2006. <http://www.inca.gov.br/situacao/> (acessado em 11/Jul/2009).
15. IBGE. Estados@. Goiás. 2010. <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=go> (acessado em 18/Jun/2009).
16. IBGE. Estimativas das populações dos municípios em 2008. http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1215 (acessado em 20/Jun/2009).
17. Governo do Estado de Goiás. Secretaria de Estado da Saúde. Plano Diretor de Regionalização. 2. ed. rev. Goiânia: Superintendência de Planejamento; 2004.

- http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/pdr_go.pdf (acessado em 23/Jun/2009).
18. Brasil. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde. Brasília, DF; 2008. <http://cnes.datasus.gov.br> (acessado em 12/Jan/2008).
 19. Brasil. Ministério da Saúde. Informações de saúde. Projetos Intercensitários 2008. Brasília, DF; 2008. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popgo.def> (acessado em 12/Jul/2009).
 20. Brasil. Ministério da Saúde. Parâmetros técnicos para o rastreamento do câncer de mama: recomendações para gestores estaduais e municipais. Rio de Janeiro: INCA; 2009. <http://www.epsjv.fiocruz.br/beb/textocompleto/009471> (acessado em 15/Dez/2009).
 21. Brasil. Ministério da Saúde. Informações de saúde. Sistema de Informações Ambulatoriais do SUS (SIASUS): produção ambulatorial. Brasília, DF; 2008. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sia/cnv/qbgo.def> (acessado em 10/Jul/2009).
 22. Brasil. Ministério da Saúde. Inquérito domiciliar sobre comportamentos de risco e morbidade referida de doenças e agravos não transmissíveis: Brasil, 15 capitais e Distrito Federal 2002-2003. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer; 2004. <http://www.inca.gov.br/inquerito/docs/completa.pdf> (acessado em 12/Jul/2009).
 23. Koch HA, Peixoto JE, Neves ALE. Análise da infra-estrutura para a mamografia no Brasil. *Radiol Bras* 2000; 33:23-30.
 24. Corrêa RS, Peixoto JE, Silver LD, Dias CM, Nogueira MS, Hwang SF, et al. Impacto de um programa de avaliação da qualidade da imagem nos serviços de mamografia do Distrito Federal. *Radiol Bras* 2008; 41:109-14.

25. Brasil. Ministério da Saúde. Encontro Internacional sobre Rastreamento de Câncer de Mama. Rio de Janeiro: INCA, 2009. http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/d05766004e85afde866a9f56664898a3/recomendacoes_encontro_internacional_rastreamento_cancer_de_mama.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=d05766004e85afde866a9f56664898a3 (acessado em 10/Dez/2009).
26. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Pesquisa nacional por amostra de domicílios: acesso e utilização de serviços de saúde 2003. Rio de Janeiro; 2005. <http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2003/saude/saude2003.pdf> (acessado em 14/Jul/2009).
27. American Cancer Society. Cancer prevention and early detection. Facts and figures 2009. Atlanta; 2009. http://www.cancer.org/acs/groups/content/@nho/documents/document/860009web_6-4-09.pdf.pdf (acessado em 25/Mar/2011).
28. Brasil. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Pesquisa nacional por amostra de domicílios: um panorama da saúde no Brasil: acesso e utilização dos serviços, condições de saúde e fatores de risco e proteção à saúde – 2008. Rio de Janeiro; 2010. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/panorama_saude_brasil_2003_2008/PNAD_2008_saude.pdf (acessado em 25/Mar/2011).
29. Martins E, Freitas-Junior R, Curado MP, Freitas NM, Oliveira JC, Silva CMB. Evolução temporal dos estádios do câncer de mama ao diagnóstico em um registro de base populacional no Brasil Central. Rev Bras Ginecol Obstet 2009; 31:219-23.
30. Freitas-Junior R, Freitas NM, Curado MP, Martins E, Moreira MAR, Silva CMB. Variations in breast cancer incidence per decade of life (Goiânia, GO, Brazil): 16-year analysis. Cancer Causes Control 2008; 19:681-7.
31. Shapiro BS, Venet W, Strax P, Venet L. Periodic screening for breast cancer: the health insurance plan project and its sequelae, 1963-1986. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 1988.

32. Rauscher GH, Hawley ST, Earp JA. Baseline predictors of initiation vs. maintenance of regular mammography use among rural women. *Prev Med* 2005; 40:822-30.
33. Lima-Costa MF, Matos DL. Prevalência e fatores associados à realização da mamografia na faixa etária de 50-69 anos: um estudo baseado na *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios* (2003). *Cad Saúde Pública* 2007; 23:1665-73.
34. Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil (1988). *Diário Oficial da União*, Brasília-DF, 15 out. 1988. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm (acessado em 10/Jul/2009).

Efetividade de programa de controle de qualidade em mamografia para o Sistema Único de Saúde

Effectiveness of a quality control program in mammography for the Brazilian Public Health System

Rosangela da Silveira Corrêa^I

Ruffo Freitas-Junior^{II}

João Emílio Peixoto^{III}

Danielle Cristina Netto Rodrigues^{IV}

Maria Eugênia da Fonseca Lemos^V

Cintia Melazo Dias^{VI}

Rubemar de Souza Ferreira^{VII}

^I Comissão Nacional de Energia Nuclear. Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste. Abadia de Goiás, GO, Brasil

^{II} Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil

^{III} Instituto Nacional de Câncer. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^{IV} Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, Brasil

^V Comissão Nacional de Energia Nuclear. Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste. Abadia de Goiás, GO, Brasil

^{VI} Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretoria de Radioproteção e Dosimetria. Brasília, DF, Brasil

^{VII} Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretoria de Radioproteção e Dosimetria. Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO

OBJETIVO: Avaliar a efetividade de um programa de controle de qualidade da imagem nos serviços de mamografia da rede do Sistema Único de Saúde (SUS) no estado de Goiás, visando seu monitoramento contínuo. **MÉTODOS:** Estudo prospectivo com análise temporal do tipo “antes” e “depois” de uma ação de vigilância em saúde. Participaram do estudo os serviços que tinham mamógrafos em operação e realizavam exames regularmente entre 2007 e 2009. Os serviços foram avaliados por meio de testes de desempenho de mamógrafos, processadoras e demais materiais em três visitas técnicas. Também foram avaliadas a qualidade da imagem e a dose de entrada no simulador radiográfico de mama. Cada serviço recebeu uma pontuação correspondente ao percentual dos testes em conformidade com os padrões. **RESULTADOS:** Participaram da pesquisa 35 serviços de mamografia. Os percentuais médios de conformidade dos serviços foram de 64,1% ($\pm 13,3\%$) na primeira visita, 68,4% ($\pm 15,9\%$) na segunda e 77,1% ($\pm 13,3\%$) na terceira ($p < 0,001$). As principais melhorias foram decorrentes dos ajustes da força de compressão da mama, do controle automático de exposição (CAE) e do alinhamento da bandeja de compressão. As doses medidas estavam dentro da faixa de conformidade em 80% dos serviços avaliados. **CONCLUSÕES:** A implantação do programa nos serviços foi efetiva para a melhoria dos parâmetros de operação do mamógrafo. Mesmo após a implantação do programa, 40% dos serviços não alcançaram o nível aceitável de 70% de conformidade com os padrões, o que indica a necessidade de continuidade desta ação de vigilância em saúde.

DESCRITORES: Câncer de mama. Programas de rastreamento. Mamografia. Serviços de saúde. Controle de qualidade.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To assess the effectiveness of a quality control program in mammography for the Brazilian Public Health System in the state of Goiás aiming to continuously monitor it. **METHODS:** Prospective temporal analysis of a health surveillance action with a before-after design. The services that had operational mammography machines and performed exams regularly between 2007 and 2009 participated in the study. The services were assessed through tests of performance of mammography equipment, processor, and other materials in three technical visits. We also evaluated the quality of the image and the entrance surface dose used in breast X-ray imaging simulation. Each service was given a punctuation corresponding to results of the tests according to the standards. **RESULTS:** A total of 35 mammography services participated in this study. The mean results of conformity of the participant services were 64.1% ($\pm 13.3\%$) in the first visit, 68.4% ($\pm 15.9\%$) in the second, and 77.1% ($\pm 13.3\%$) in the third ($p < 0.001$). The main improvements resulted from the adjustments of the breast compression force, the automatic exposure control system, and the alignment of the compression paddle. The doses measured were within the conformity range in 80% of the services analyzed. **CONCLUSIONS:** The implementation of this program in the mammography services was effective to improve the operational parameters of the mammography machines. Even after program implementation, 40% of the services did not reach the acceptable level of 70% of conformity to the standards, indicating the need to continue this health surveillance action.

DESCRIPTORS: Breast neoplasms. Mass screening. Mammography. Health services. Quality control.

INTRODUÇÃO

O principal objetivo da mamografia, como método de rastreamento do câncer de mama, é a redução da taxa de mortalidade desta doença, em função da diminuição de casos detectados em estágios avançados.⁶ Ensaios clínicos randomizados evidenciaram que há redução estatisticamente significativa nas taxas de mortalidade em grupos de mulheres convidadas a participar de rastreamento mamográfico.^{8,15,17,18} Entretanto, verificou-se que a efetividade do rastreamento estava diretamente relacionada à qualidade e ao desempenho de equipamentos, materiais e procedimentos empregados na mamografia.⁹ Em função disso, foram elaborados documentos referenciais para a implantação de programas para o controle de qualidade em mamografia.^{5,13,19}

Com o objetivo de dar início às ações voltadas para a qualidade em mamografia no Brasil, em 1992, o Colégio Brasileiro de Radiologia criou o programa de Qualidade em Mamografia, de caráter voluntário.¹⁰ Em 1998, foram publicadas as diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, com a denominação de Portaria/MS/SVS nº 453,¹ dispositivo legal de suporte às ações de controle da qualidade dos procedimentos radiológicos.

Em 2004, o Instituto Nacional de Câncer (INCA) recomendou ao Sistema Único de Saúde (SUS) criar mecanismos de garantia de qualidade, como parte dos critérios para o credenciamento e o monitoramento de serviços de mamografia². Essa recomendação teve como alvo a implantação de programas de garantia de qualidade na rede credenciada. Assim, os serviços passaram a ser responsáveis pela realização periódica dos testes de desempenho dos

¹ Brasil. Ministério da Saúde. Portaria/MS/SVS nº 453, de 1º de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo o território nacional e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. 2 jun 1998 [citado 2011 set 18]. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm

² Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer (INCA). Controle do câncer de mama: documento de consenso. Rio de Janeiro; 2004. [citado 2011 set 12]. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/publicacoes/ConsensoIntegra.pdf>

mamógrafos, processadoras e demais materiais, bem como pela qualidade da imagem e da dose de radiação aplicada nas pacientes.

Considerando que os programas de rastreamento de câncer de mama visam a melhoria da saúde pública, as ações de controle de qualidade direcionadas à obtenção de imagens satisfatórias expondo as pacientes a doses de radiação aceitáveis constituem componente de grande importância destes programas. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a efetividade de um programa de controle de qualidade em mamografia para o monitoramento contínuo dos serviços que integram a rede do SUS em Goiás.

METODOLOGIA

O presente estudo é de natureza prospectiva, com análise temporal do tipo “antes” e “depois” de uma ação de vigilância em saúde. A unidade da pesquisa foi o serviço de mamografia. Realizou-se o levantamento de dados por meio de visitas *in loco* em um momento, nos anos de 2007, 2008 e 2009. Participaram do trabalho os estabelecimentos de saúde que possuíam equipamentos com sistema de processamento convencional (tela-filme) e realizavam mamografia para o SUS, no período de julho de 2007 a março de 2009, no estado de Goiás. No momento da visita, dividiu-se a coleta de dados em duas etapas: a primeira, para o cadastramento dos serviços e a segunda, para a avaliação do desempenho dos mamógrafos, processadoras e demais materiais, bem como a avaliação da qualidade da imagem e das doses aplicadas.

Cadastramento

Realizou-se a identificação dos serviços a partir dos dados do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES)³. Para o cadastramento, foram levantadas informações sobre os equipamentos e os materiais empregados na realização da mamografia. Com o objetivo de preservar a identidade dos serviços, as unidades participantes receberam, aleatoriamente, um código formado pela sigla do estado de Goiás (GO) seguida por três dígitos numéricos sequenciais, iniciando pelo código GO001.

Avaliação dos parâmetros de desempenho, da qualidade da imagem e da dose

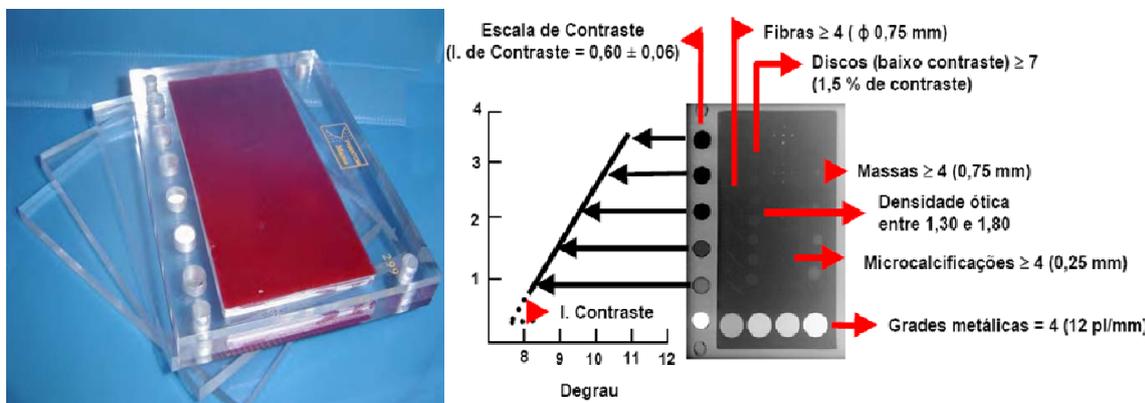
Para a avaliação dos parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais, da qualidade da imagem e da dose foram utilizados como documentos referenciais o Regulamento Técnico da Portaria/MS/SVS nº 453, as Diretrizes Europeias para Garantia da Qualidade no Rastreamento e no Diagnóstico do Câncer de Mama¹⁶ e o Protocolo de Controle de Qualidade em Mamografia da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).¹³

Na avaliação da qualidade da imagem, utilizou-se um simulador radiográfico de mama adotado pelo INCA no Projeto-Piloto de Qualidade em Serviços de Mamografia do SUS⁴ e em pesquisas,^{4,14} mostrado na Figura 1A. Esse simulador corresponde a uma mama de 5,3 cm de espessura quando comprimida, composta de 50% de tecido adiposo e 50% de tecido fibroglandular. Ele contém, em seu interior, estruturas de teste apresentando diversas formas, dimensões e composições, as quais produzem imagens com

³ Brasil. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES. Brasília, DF; 2007. [citado 2011 set 12]. Disponível em: <http://cnes.datasus.gov.br>

⁴ Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer (INCA). Serviço de qualidade em radiações ionizantes: relatório - resumo 2008. Rio de Janeiro; 2008. [citado 2011 out 12]. Disponível em: http://www1.inca.gov.br/pqrt/download/Relatorio_Resumo_PQRT_2008.pdf

resolução espacial e contrastes variados, semelhantes aos produzidos pelas estruturas anatômicas de importância para a detecção do câncer de mama.



A

B

Figura 1. A. Simulador radiográfico de mama. B. Imagem do simulador radiográfico de mama produzida nos serviços de mamografia.

As imagens foram geradas sempre nas mesmas condições em cada equipamento, com o simulador posicionado sobre a bandeja de suporte da mama, alinhado com o chassi na borda da parede torácica e o sensor do dispositivo do mamógrafo para o controle automático de exposição (CAE) ativado e posicionado sob o corpo central do simulador. Em todos os serviços, a tensão selecionada para a exposição foi mantida constante em 28 kV. Após realizada a exposição, o filme foi revelado na processadora do serviço em condições normais de uso. A imagem produzida pelo simulador ao radiografar é mostrada na Figura 1B. Nos casos em que o equipamento não possuía dispositivo de CAE, ou este se encontrava com defeito, a tensão foi fixada em 28 kV e solicitou-se ao profissional do serviço que selecionasse o produto da corrente pelo tempo de exposição (mAs) de acordo com o usado normalmente para uma mama de espessura equivalente ao simulador.

Na avaliação da qualidade da imagem, levou-se em consideração a possibilidade de visualizar os seguintes grupos de estruturas: grades metálicas (resolução espacial), detalhes de alto contraste (microcalcificações), limiar de

baixo contraste (discos), detalhes lineares de baixo contraste (fibras) e massas tumorais. Também foram medidos na imagem do simulador o índice de contraste e a densidade ótica (DO) de fundo e observadas a presença de artefatos e a uniformidade da imagem. Realizou-se a leitura das imagens por pelo menos dois avaliadores, em sala com luminosidade reduzida, utilizando máscara para cobrir a área clara não usada do negatoscópio.

Foram avaliados os desempenhos dos dispositivos e acessórios que influenciam direta e indiretamente a qualidade da imagem mamográfica. Os seguintes itens foram testados: o sistema de colimação, o desempenho do CAE, a força de compressão, o alinhamento da bandeja de compressão, a integridade dos chassis e o sistema de processamento.

A dose de radiação na superfície de entrada do simulador foi determinada por meio da medida da grandeza dosimétrica kerma no ar (K_i), estabelecida pela Portaria/MS/SVS nº 453, realizada com o dosímetro clínico com detector de estado sólido (modelo Multi-O-Meter 535 L, Unfors, Billdal, Suécia) calibrado para mamografia. As medidas foram realizadas com as mesmas técnicas radiográficas selecionadas para a tomada da imagem do simulador radiográfico. Tendo em vista que o valor de referência para esta grandeza, estabelecido pela Portaria SVS/MS nº 453, é de 10 mGy e que uma variação de $\pm 30\%$ deste valor é aceitável, neste trabalho foi adotada a faixa de 7–13 mGy.

Análise estatística

Para cada avaliação realizada foi atribuído 1 (um) ponto para a conformidade e 0 (zero) para a não conformidade de cada parâmetro. Assim sendo, como foram avaliados 16 parâmetros, a pontuação total do serviço variou de 0 a 16. Foram calculados os percentuais de conformidade de cada serviço e o percentual médio de todos em três momentos distintos, considerados aqui como os anos de 2007, 2008 e 2009. Aplicou-se o Teste t de comparação de médias para amostras de dados pareados para verificação das

diferenças estatísticas entre os percentuais médios de conformidade entre os serviços de cada ano. Aplicou-se o teste MacNemar para comparar os quesitos entre dois momentos, 2007–2008, 2007–2009 e 2008–2009. Utilizou-se o nível de significância de 0,05 para todos os testes estatísticos.

Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Dr. Henrique Santillo, da Secretaria de Estado de Saúde de Goiás (protocolo nº 0007.1.177.000-5), não tendo sido necessário assinar termo de consentimento livre e esclarecido.

RESULTADOS

Dos 45 serviços que atendiam ao SUS no estado de Goiás entre 2007 e 2009, 35 participaram desta pesquisa. Foram excluídos: dois serviços que foram descredenciados para realizar mamografia para o SUS; quatro que no desenvolvimento do trabalho foram interditados ou paralisados, pois não possuíam características técnicas para realização da mamografia; dois que não participaram de todas as etapas da pesquisa; e dois que foram excluídos no final da pesquisa por terem substituído o sistema de processamento da imagem de convencional para digital.

A análise da natureza dos serviços mostrou que sete mamógrafos (20%) pertenciam a instituições públicas, quatro (11%) a instituições filantrópicas e 24 (69%) a serviços privados. Na amostra, foram identificados mamógrafos de oito fabricantes diferentes, tendo sido observados 28 (80%) unidades de equipamentos importados, sendo 18 (64%) da GE Healthcare, e sete (20%) de fabricação nacional (VMI Indústria e Comércio Ltda.). Entre as processadoras, 24 (69%) eram importadas (Kodak), sete (20%) de fabricação nacional (Macrotec) e quatro (11%) de outros fabricantes nacionais e estrangeiros. Das

35 processadoras avaliadas, 24 (69%) eram de uso exclusivo para mamografias.

Na Tabela 1, são mostrados o número e o percentual de serviços que apresentaram conformidade com os padrões para os vários parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais empregados na realização da mamografia, para o período 2007–2009. Também é apresentada a comparação estatística das médias das distribuições dos resultados obtidos para cada parâmetro avaliado entre os anos de 2007 e 2009.

Tabela 1. Distribuição dos serviços de mamografia, por ano de avaliação e comparação estatística, segundo os parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais em conformidade com os padrões, no estado de Goiás, no período de 2007 a 2009.

| Parâmetro de desempenho | Serviços em conformidade | | | p (2007 e 2009) |
|--|--------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| | n (%) | | | |
| | 2007 | 2008 | 2009 | |
| Força de compressão | 17 (48,6) | 25 (71,4) | 27 (77,1) | 0,013 |
| Alinhamento do campo | 25 (71,4) | 27 (77,1) | 32 (91,4) | 0,092 |
| Controle automático de exposição (CAE) | 13 (37,1) | 22 (62,9) | 24 (68,6) | 0,007 |
| Alinhamento da bandeja | 19 (54,3) | 28 (80,0) | 30 (85,7) | 0,003 |
| Integridade do chassi | 21 (60,0) | 23 (65,7) | 30 (85,7) | 0,035 |
| Processamento | 13 (37,1) | 13 (37,1) | 16 (45,7) | 0,581 |

Nas análises estatísticas para os períodos 2007–2008 e 2007–2009, houve diferenças estatisticamente significativas entre os percentuais de conformidade para força de compressão ($p = 0,039$ e $p = 0,002$), CAE ($p =$

0,012 e $p = 0,004$) e alinhamento da bandeja de compressão ($p = 0,004$ e $p = 0,002$), ao passo que a integridade de chassi ($p = 0,035$) apresentou diferença estatisticamente significativa apenas no período 2007–2009. Por outro lado, observou-se que, mesmo sem significância estatística nas diferenças dos percentuais, houve aumento em termos de números absolutos de serviços que apresentavam conformidade no alinhamento do campo de raios-X com o filme e no processamento dos filmes de raios-X.

Em relação à avaliação dos parâmetros de qualidade da imagem do simulador radiográfico de mama registrado no filme e da dose empregada, na Tabela 2, mostra-se que os dois únicos parâmetros que apresentaram diferenças estatisticamente significativas no período 2007–2009 foram a ausência de artefatos de imagem ($p = 0,021$) e a uniformidade da imagem ($p = 0,035$).

Assim como ocorreu na avaliação dos parâmetros de desempenho dos equipamentos e dos materiais empregados na realização da mamografia, embora a DO da imagem e a dose não tenham apresentado diferenças com significância estatística, os dados mostraram aumento do número de serviços que se apresentavam em conformidade para estes parâmetros. Em relação à resolução espacial e à visibilização das estruturas que simulam massas tumorais e fibras, todos os serviços já apresentavam conformidade na avaliação de 2007, resultado que se manteve nas avaliações de 2008 e 2009.

Os demais parâmetros de qualidade de imagem avaliados, quais sejam, visibilização de microcalcificações e índice de contraste, apresentaram diferenças da ordem de $\pm 5\%$ entre os percentuais, enquanto para os discos de baixo contraste, a diferença foi de $\pm 14\%$. Nesses casos, não se pode considerar que houve aumento numérico de serviços que se apresentavam em conformidade com os padrões.

Tabela 2. Distribuição dos serviços de mamografia, por ano de avaliação e comparação estatística, segundo os parâmetros de qualidade de imagem do simulador e a dose em conformidade com os padrões, no estado de Goiás, no período de 2007 a 2009.

| Parâmetro de qualidade da imagem do simulador e dose | Serviços em conformidade | | | p (2007 e 2009) |
|--|--------------------------|------------|------------|-----------------|
| | n (%) | | | |
| | 2007 | 2008 | 2009 | |
| Densidade ótica média | 20 (57,1) | 21 (60,0) | 25 (71,4) | 0,302 |
| Resolução espacial | 30 (85,7) | 30 (85,7) | 30 (85,7) | 1,000 |
| Microcalcificações | 31 (88,6) | 29 (82,9) | 30 (85,7) | 1,000 |
| Fibras | 35 (100,0) | 35 (100,0) | 35 (100,0) | – ¹ |
| Massas | 35 (100,0) | 35 (100,0) | 35 (100,0) | – ¹ |
| Discos de baixo contraste | 22 (62,9) | 15 (42,9) | 17 (48,6) | 0,302 |
| Índice de contraste | 21 (60,0) | 24 (68,6) | 21 (60,0) | 1,000 |
| Uniformidade da imagem | 23 (65,7) | 23 (65,7) | 32 (91,4) | 0,035 |
| Imagem sem artefatos | 14 (40,0) | 10 (28,6) | 24 (68,6) | 0,021 |
| Dose | 20 (57,1) | 23 (65,7) | 26 (74,3) | 0,210 |

¹ O teste não foi aplicado porque a variável não apresentou dicotomia.

Como mostrado na Figura 2, em 2007, 23% dos serviços apresentavam percentual de conformidade igual ou superior a 70%, considerado aceitável, passando para 60% em 2009. Em 2007, somente um serviço (3%) estava na classe desejável de conformidade, acima de 90%, passando para três (9%) em 2008 e para seis (17%) em 2009. O percentual médio de conformidade dos serviços na primeira visita (2007) foi de 64,1% ($\pm 13,3\%$), ao passo que na

segunda (2008) foi de 68,4% ($\pm 15,9\%$) e na terceira (2009), de 77,5% ($\pm 13,3\%$); a diferença entre as médias dos percentuais de conformidade dos serviços foi estatisticamente significativa entre a primeira e a terceira visitas ($p < 0,001$) e entre a segunda e a terceira visitas ($p = 0,004$).

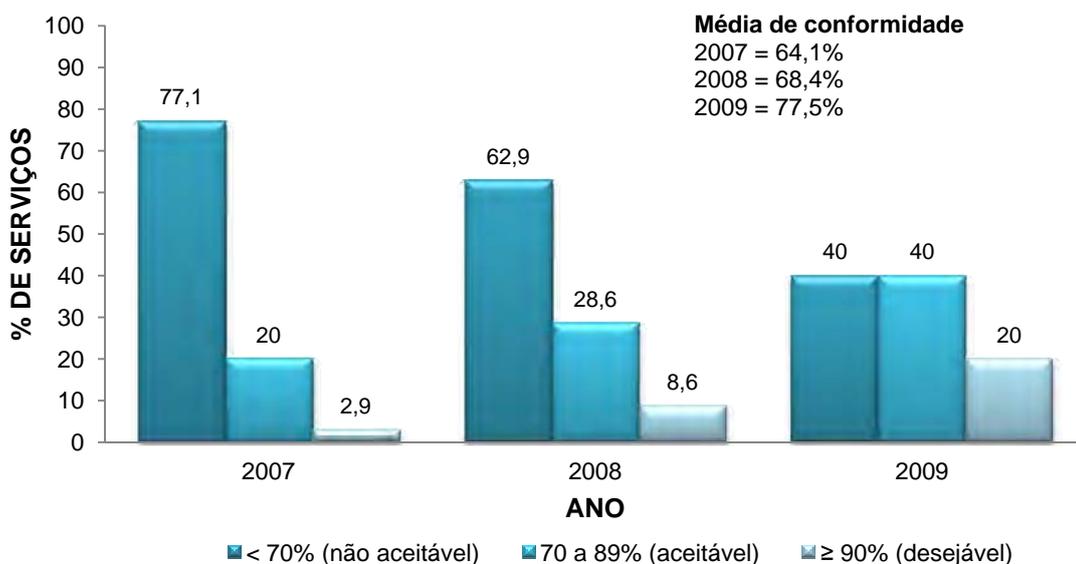


Figura 2. Distribuição dos serviços de mamografia, por classe e percentual de conformidade dos parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais, de qualidade de imagem do simulador e da dose, segundo o ano de avaliação, no estado de Goiás, no período de 2007 a 2009.

Na Figura 3, apresenta-se a distribuição dos valores medidos de dose, por meio da grandeza kerma, na superfície do simulador, em 2009, cobrindo a faixa de 4 mGy a 12,96 mGy, com média de 8,93 mGy ($\pm 2,14$ mGy). Verificou-se que 20% dos serviços avaliados em 2009 não estavam em conformidade com a faixa estabelecida para a dose adotada nesta pesquisa, que foi de 7 mGy a 13 mGy.

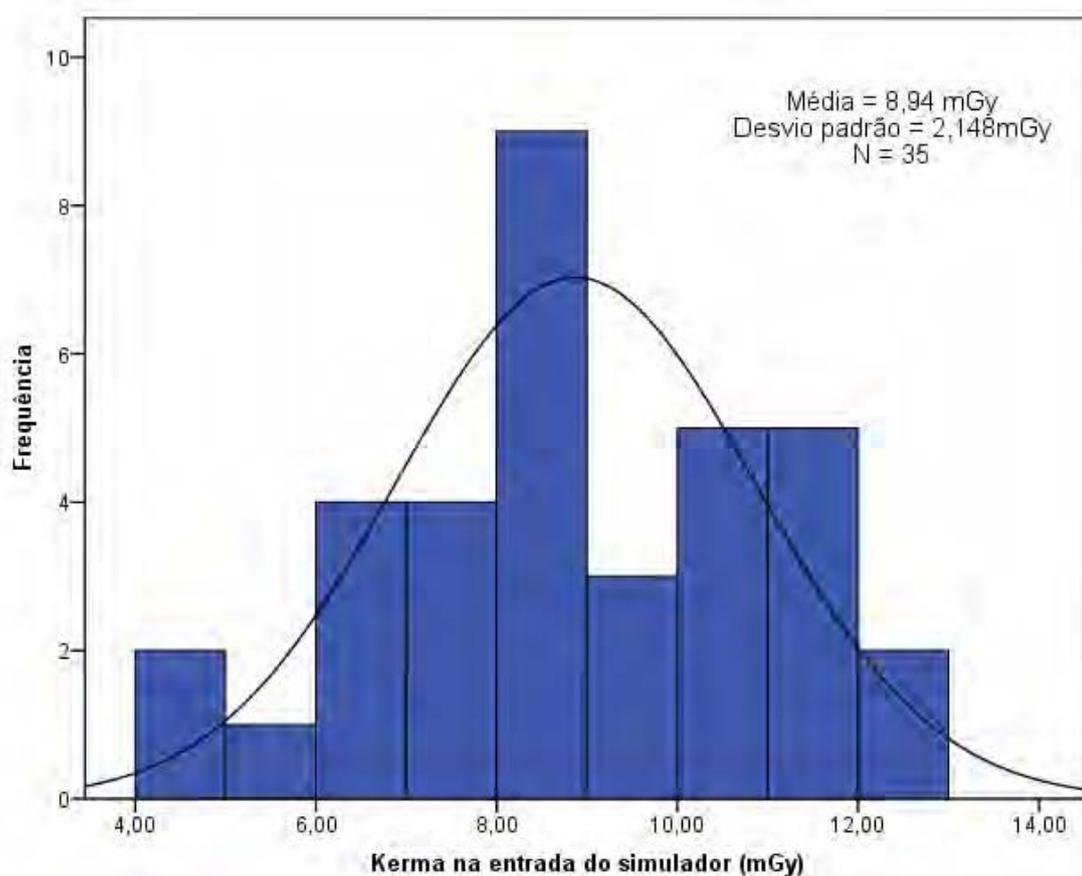


Figura 3. Distribuição dos serviços de mamografia, por dose medida na superfície do simulador (kerma de entrada), no estado de Goiás, em 2009.

DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade das ações e dos serviços de saúde é fundamental para o controle da assistência à saúde oferecida à população. O conhecimento acerca dos meios de acesso aos serviços, do grau de cobertura e do desempenho constitui um elemento relevante para a caracterização do que deve ser considerado um sistema de saúde desejável e economicamente acessível para o país.²

Nos dias de hoje, os equipamentos emissores de radiações ionizantes na área de saúde podem operar com alto grau de qualidade. Para que isso ocorra, porém, é necessário que as normas e os procedimentos de proteção radiológica e garantia da qualidade sejam atendidos.¹³ A implantação do programa de controle de qualidade, nos serviços de mamografia que compõem a rede SUS no estado de Goiás, mostrou-se mais efetiva com os resultados 2007–2009, ou seja, com duas intervenções. Isso leva a acreditar que, com a continuidade do programa, será possível maior controle da qualidade e do risco na realização das mamografias, mesmo que na última avaliação somente 20% dos serviços tenham apresentado resultado desejável, que se situa na faixa acima de 90% de conformidade entre os quesitos avaliados.

Os parâmetros de desempenho dos equipamentos e materiais que apresentaram melhoria decorrente da ação de controle de qualidade nos serviços, no período desta pesquisa, foram relativos aos ajustes da força de compressão da mama, do dispositivo de CAE, do alinhamento da bandeja de compressão e integridade dos chassis. Entretanto, 22,9% dos mamógrafos ainda persistiram desajustados na força de compressão da mama, 31,4% no dispositivo de CAE e 14,3% no alinhamento da bandeja de compressão e integridade dos chassis. Em estudo realizado no estado de Minas Gerais,¹⁴ o percentual de mamógrafos desajustados para a força de compressão foi de 23,9% e para o dispositivo de CAE, de 37,3%. Para esses parâmetros, os resultados obtidos nos dois estudos são coincidentes e apontam para uma situação na qual, para alguns mamógrafos, não é possível efetuar ajustes para os parâmetros de desempenho avaliados. Nesta pesquisa, não foi possível estabelecer se essa hipótese estava associada à tecnologia do equipamento ou ao seu tempo de uso.

O único parâmetro de desempenho do mamógrafo que não apresentou melhoria no período da pesquisa foi o alinhamento do campo de raios-X com o sistema de registro da imagem composto pelo chassi e o filme ($p = 0,092$). Contudo, houve aumento progressivo do percentual de conformidade deste parâmetro, resultado que mostra a necessidade de continuidade deste tipo de intervenção nos próximos anos.

Alguns estudos apontam a revelação dos filmes radiográficos como o processo que mais afeta a qualidade da imagem em mamografia.^{4,11,12} O percentual de conformidade do processamento dos filmes permaneceu quase inalterado nos três anos de realização desta pesquisa. Esse resultado é similar ao encontrado no estudo de Minas Gerais¹⁴ (38,8%). Diversas são as causas que conduzem à revelação inadequada dos filmes. Inicialmente, é preciso destacar que a transformação da imagem latente gerada quando o filme é exposto aos raios-X é um processo físico-químico complexo. Nele, a atividade e a temperatura das soluções empregadas no processo (revelador e fixador) e o tempo de contato do filme com estas soluções são críticos.¹¹

Se a processadora automática de filmes não possui características tecnológicas muito precisas no que se refere à constância de temperatura das soluções e no mecanismo de transporte dos filmes pelas cubas que contêm estas soluções, os padrões de desempenho para o processamento não serão alcançados.¹¹ No presente estudo, 31% das processadoras não eram exclusivas para mamografia, o que pode ter contribuído para o percentual relativamente baixo obtido para o processamento dos filmes.

Outros fatores que afetam o processamento da imagem são relativos às soluções empregadas. Entre eles, destacam-se: a composição dos produtos utilizados no preparo das soluções não obedece aos critérios de fabricação exigidos para os filmes de raios-X para mamografia; as soluções não são bem preparadas (muito diluídas ou muito concentradas); as soluções já estão exauridas ou com atividade reduzida devido ao tempo transcorrido desde o seu preparo; as soluções estão contaminadas com outros produtos químicos.¹¹ Como a natureza do problema é complexa, a solução dos casos de não conformidade durante o processamento não é simples e vai desde a manutenção rigorosa, ou mesmo a troca do equipamento, até a adoção de processos padronizados de preparo das soluções de fabricação certificada.

Para os parâmetros de qualidade da imagem avaliados, os únicos que apresentaram melhoria decorrente da ação de controle de qualidade entre 2007 e 2009 foram os relativos à uniformidade e à redução do número de

artefatos da imagem. Os parâmetros que não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as médias dos percentuais de conformidade dos serviços entre a primeira e a terceira visitas podem ser divididos em dois grupos. No primeiro grupo, estão: a DO média, a resolução espacial, as microcalcificações, as fibras e as massas, com percentuais de conformidade acima de 70%, que é considerado o percentual mínimo aceitável para um conjunto de serviços. No segundo grupo, estão os discos de baixo contraste e o índice de contraste, com percentuais de conformidade abaixo de 70%. Cada um desses grupos requer uma análise distinta. Os parâmetros do primeiro grupo já alcançaram o percentual mínimo aceitável. Nesse caso, a situação não é considerada crítica e requer esforço mais refinado de ajuste da cadeia de produção da imagem em um número pequeno de serviços.

Por outro lado, a situação dos parâmetros do segundo grupo é considerada crítica, porque não apresentou melhora entre as avaliações. As médias dos percentuais de conformidade são consideradas inaceitáveis, entre 43% e 69%. Portanto, esses parâmetros demandarão esforço mais intenso para o ajuste do desempenho dos equipamentos e materiais. É importante ressaltar que a visualização dos discos de baixo contraste e o índice de contraste estão diretamente associados ao desempenho da processadora automática de filmes.

Finalmente, o desempenho da dose de radiação na superfície de entrada do simulador não apresentou melhoria no período da pesquisa ($p = 0,210$); porém, houve aumento progressivo do percentual de conformidade deste parâmetro. Espera-se que medidas corretivas referentes aos parâmetros de desempenho dos equipamentos e dos materiais venham a melhorar o desempenho dos parâmetros de qualidade da imagem do simulador e também tenham impacto positivo na adequação das doses à faixa de valores aceitáveis.¹

Em exames que fazem uso da radiação ionizante, a dose a que o paciente é exposto deve ser mantida tão baixa quanto possível sem, no entanto, comprometer a qualidade da imagem.¹³ A Portaria/MS/SVS nº 453

estabeleceu 10 mGy como valor de referência para a dose na entrada da pele. Neste estudo, foi aceita uma variação de $\pm 30\%$. Constatou-se que 80% dos serviços apresentaram valores na faixa de 7 mGy a 13 mGy, com média de 8,94 mGy, comparável aos resultados encontrados em outra pesquisa.¹⁴

Resultados de estudo realizado na República da Macedônia mostraram que 50% das unidades de mamografia não possuíam critérios básicos de qualidade para as campanhas de rastreamento do câncer de mama realizadas em 2008/2009.⁷ No rastreamento oportunístico realizado pelo SUS em Goiás, em 2008, com cobertura estimada de 13% da população na faixa etária de 40 a 69 anos,³ detectou-se que 62,9% dos serviços possuíam padrão de qualidade na faixa de conformidade não aceitável (inferior a 70%), 28,6% estavam na faixa aceitável (entre 70% e 90%) e 8,6% se encontravam na faixa desejável (acima de 90%). Cabe salientar que avaliou-se, neste estudo, a qualidade dos serviços sob o ponto de vista dos equipamentos e acessórios. Contudo, também se faz importante a realização de pesquisas com enfoque nos profissionais envolvidos na mamografia, bem como na qualidade da imagem para a detecção precoce do câncer de mama e o risco carcinogênico, não apenas para o SUS, mas também para o sistema de saúde suplementar.

CONCLUSÃO

A implantação de um programa de controle de qualidade da mamografia foi efetiva para a melhoria da qualidade deste tipo de serviço. Porém, é necessário dar continuidade a estas ações com objetivo de aprimorá-las e alcançar os altos padrões de conformidade exigidos para a detecção precoce do câncer de mama.

AGRADECIMENTOS

Aos servidores da Superintendência de Vigilância Sanitária de Goiás, ao Departamento de Vigilância Sanitária de Goiânia e da Comissão Nacional de Energia Nuclear, que direta ou diretamente contribuíram para esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Avramova-Cholakova S, Vassileva J. A survey of the state of mammography practice in Bulgaria. *Radiat Prot Dosim.* 2011; DOI: 10.1093/rpd/ncr320
2. Azevedo AC. Avaliação de desempenho de serviços de saúde. *Rev Saúde Públ.* 1991;25:64-71.
3. Corrêa RS, Freitas-Junior R, Peixoto JE, Rodrigues, DCN, Lemos, MEF, Marins LAP, et al. Estimativas da cobertura mamográfica no estado de Goiás, Brasil. *Cad Saúde Públ.* 2011;27(9):1757-1767.
4. Corrêa RS, Peixoto JE, Silver LD, Dias CM, Nogueira MS, Hwang SF, et al. Impacto de um programa de avaliação da qualidade da imagem nos serviços de mamografia do Distrito Federal. *Radiol Bras.* 2008;41(2):109-114.
5. FDA. U.S. Food and Drug Administration. Mammography Quality Standards Act (MQSA) interim final rules. Silver Spring, December 21, 1993.
6. Feig AS. Screening mammography: a successful public health initiative. *Rev Panam Salud Publica.* 2006;20(2/3):125-33.
7. Gershan V, Antevska-Grujoska S. Performance of mammography equipment in the Macedonian breast screening campaign 2008/2009. *Radiat Prot Dosimetry* 2011;Jul 5. [Epub ahead of print].
8. Hendrick RE, Helvie MA. United States Preventive Services Task Force screening mammography recommendations: science ignored. *Am J Roentgenol.* 2011;196(2):W112-W116.

9. Hendrick RE, Klabunde C, Grivegnee A, Pou G, Ballard-Barbash R. Technical quality control practices in mammography screening programs in 22 countries. *Int J Qual Health Care* 2002;14(3):219-226.
10. Koch HA, Peixoto JE, Neves ALE. Análise da infra-estrutura para a mamografia no Brasil. *Radiol Bras.* 2000;33(1):23-30.
11. Magalhães LAG, Azevedo ACP, Carvalho ACP. A importância do controle de qualidade de processadoras automáticas. *Radiol Bras.* 2002;35(6): 357-363.
12. Milano F, Maggi E, Turco MR. Evaluation of the effect of a quality control programme in mammography on technical and exposure parameters. *Radiat Prot Dosim.* 2000;90(1-2):263-266.
13. OIEA. Organismo Internacional de Energía Atómica. Control de calidad en mamografía. Protocolo elaborado en el marco de dos proyectos regionales ARCAL/OIEA. Viena; 2006. (IAEA-TECDOC-1517). [citado 2011 set 12] Disponível em: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1517s_web.pdf
14. Oliveira M, Nogueira MS, Guedes E, Andrade MC, Peixoto JE, Juana GS, et al. Average glandular dose and phantom image quality in mammography. *Nucl Instrum Methods Phys Res.* 2007;580(1):574-577.
15. Parkin DM, Whelan SL, Ferlay J, Teppo L, Thomas DB. Cancer incidence in five continents. Lyon: IARC; 2002.
16. Perry N, Broeders M, Wolf C, Törnberg S, Holland R., von Karsa L. European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. 4th ed. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 2006.
17. Shapiro BS, Venet W, Strax P, Venet L. Periodic screening for breast cancer: the Health Insurance Plan project and its sequelae, 1963-1986. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 1988.
18. Tabár L, Vitak B, Chen HH, Duffy SW, Yen MF, Chiang CF, et al. The Swedish Two-County Trial twenty years later. Updated mortality results and

new insights from long-term follow-up. *Radiol Clin North Am.* 2000;38:652-51.

19. Wolf CJM, Perry NM, editors. European guidelines for quality assurance in mammography screening. 1. ed. Luxembourg: European Commission, Europe Against Cancer Programme; 1993.

Análise da infraestrutura para o rastreamento mamográfico no estado de Goiás, Brasil, 2010

Analysis of infrastructure for mammography screening in the state of Goiás, Brazil, 2010

Rosângela da Silveira Corrêa¹, Ruffo Freitas-Junior², João Emílio Peixoto³, Danielle Cristina Netto Rodrigues⁴, Suzana Alves Bastos⁵, Lucy Aparecida Parreira Marins⁶, Rosemar Macedo Sousa Rahal⁷

Resumo

Objetivo: Avaliar a infraestrutura para o rastreamento mamográfico no estado de Goiás, com base na qualidade da imagem e na dose empregada, de acordo com a tecnologia dos equipamentos e o sistema de saúde. **Métodos:** Estudo transversal, em que foram observados os serviços de saúde que realizavam mamografia no estado de Goiás em 2010. Foram estudadas as variáveis que definem as características de serviços e equipamentos e realizadas medidas para avaliar o desempenho de 100 mamógrafos. Os resultados dos testes foram comparados com os valores estabelecidos em normas nacionais. Estimou-se a dose glandular média (Dg) a partir da dose na entrada do simulador. **Resultados:** Quanto ao tipo de atendimento, 55 serviços eram privados e 45 atendiam ao Sistema Único de Saúde (SUS) e quanto ao tipo de tecnologia, 64 mamógrafos eram convencionais e 36 digitais. Diferenças

¹ Doutoranda em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Goiás, Tecnologista Sênior da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, Abadia de Goiás, GO, Brasil.

² Doutor em Tocoginecologia pela Universidade Estadual de Campinas, Professor Orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde e Programa de Mastologia do Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

³ Doutor em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Físico Médico, Serviço de Qualidade em Radiações Ionizantes, Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Mestranda em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

⁵ Fiscal de Saúde Pública, Departamento de Vigilância Sanitária, Secretaria Municipal de Saúde de Goiânia, Goiânia, GO, Brasil.

⁶ Especialista em Radiologia pela Universidade de São Paulo, Coordenação de Desenvolvimento Técnico em Serviços de Saúde, Superintendência de Vigilância Sanitária e Ambiental de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

⁷ Doutora em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Goiás, Professora da Faculdade de Medicina, Programa de Mastologia do Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

estatisticamente significativas foram observadas para a camada semirredutora (CSR) entre os tipos de atendimento e para a visualização de fibras e a dose na entrada do simulador entre os tipos de tecnologia. A média da dose na entrada do simulador foi 53% maior nos mamógrafos digitais. **Conclusão:** Embora os equipamentos apresentem padrão de qualidade da imagem aceitável, as doses de radiação são heterogêneas entre as tecnologias dos mamógrafos e 60% deles demandam substituição.

Unitermos: Câncer de Mama; Programas de rastreamento; Mamografia; Serviços de saúde; Controle de qualidade.

Abstract

Objective: Assess the infrastructure for mammography screening in the state of Goiás, based on image quality and dose applied, according to equipment technology and health system. **Methods:** Cross-sectional study, in which the health services that performed mammography in the state of Goiás in 2010 were observed. The variables that define the characteristics of services and equipment were studied and the performance of 100 mammography units was measured. The results of the tests were compared to the values established by national norms. The mean glandular dose (MGD) was estimated from the dose at the simulator entrance. **Results:** Regarding types of service, 55 were private and 45 belonged to the Brazilian National Health System and regarding types of technology, 64 were conventional and 36 digital. Significant statistical differences were observed in half-value layer variation between types of service e for fiber visualization and dose at the simulator entrance between types of technology. The mean dose at the simulator entrance was 53% higher in digital equipment. **Conclusion:** Although the equipments present acceptable image quality standard, radiation doses are heterogenous between types of technology and 60% of them require substitution.

Keywords: Breast cancer; Screening programs; Mammography; Health services; Quality control.

INTRODUÇÃO

A prevenção, a detecção precoce, o diagnóstico e o tratamento adequado do câncer de mama formam, na atualidade, um dos grandes objetivos das políticas públicas para a melhoria da saúde da mulher⁽¹⁾. Atualmente, a mamografia é o método indicado para a detecção precoce dessa neoplasia e, em alguns países, o rastreamento populacional, com a utilização da mamografia, foi implantado com o objetivo de reduzir a taxa de mortalidade^(2,3). No Brasil, não há uma política estabelecida para o rastreamento populacional, o que leva o Ministério da Saúde a recomendar a realização de mamografia com periodicidade de até dois anos para as mulheres na faixa etária de 50 a 69 anos⁽⁴⁾.

Informações do Ministério da Saúde mostram que no início de 2011 estavam instalados no Brasil 4.475 mamógrafos e, destes, 4.338 estavam em operação⁽⁵⁾. Considerando o número de mulheres entre 50 e 69 anos⁽⁶⁾ no país, a proporção era de um mamógrafo para 3.600 mulheres nesta faixa etária.

Em estudo realizado no estado de Goiás em 2008, detectou-se a proporção de um mamógrafo para 3.908 mulheres; naquele ano, os 103 mamógrafos disponíveis realizaram cerca de 270.000 mamografias. Os equipamentos estavam distribuídos em 31 municípios e 10 atendiam exclusivamente ao Sistema Único de Saúde (SUS), 35 atendiam ao SUS, ao sistema de saúde suplementar e aos exames particulares e 58 atendiam exclusivamente ao sistema de saúde suplementar e aos exames particulares⁽⁷⁾.

Medidas recentes do Ministério da Saúde favorecem a implantação de programas de rastreamento no Brasil⁽¹⁾. A experiência internacional mostra a importância do controle de qualidade da mamografia quando programas de rastreamento para a detecção precoce do câncer de mama são implantados⁽⁸⁾.

Para garantir a eficácia das medidas a serem tomadas para a otimização das práticas diagnósticas por parte dos responsáveis pelos serviços ou pelo poder público, nos estabelecimentos de saúde instalados no estado de Goiás, este estudo buscou avaliar a infraestrutura disponível para o rastreamento

mamográfico no estado de Goiás, tendo em vista a situação da qualidade da imagem gerada pelos mamógrafos e a dose a que as pacientes estão sendo expostas, de acordo com os sistemas de saúde (público e suplementar) e com a tecnologia (mamografia convencional e digital).

MÉTODO

Trata-se de um estudo transversal, em que a unidade de observação foi o serviço de diagnóstico por imagem que realizava mamografia. Participaram da pesquisa os serviços cadastrados no Programa de Controle de Qualidade em Mamografia no Estado de Goiás (PCQM-GO), cujos mamógrafos estavam em uso no ano de 2010 e que realizavam mamografia para o SUS, o sistema de saúde suplementar e exames particulares. Foram excluídos os serviços cujos mamógrafos estavam fora de operação.

O PCQM-GO foi implantado no estado de Goiás em 2007, a partir do projeto piloto do Instituto Nacional de Câncer (INCA) de qualidade da imagem realizado na cidade de Goiânia⁽⁹⁾. O PCQM-GO se desenvolve em uma parceria da Vigilância Sanitária do estado com um centro de referência no uso de radiações ionizantes, com os objetivos de controlar e monitorar a qualidade da mamografia, tendo em vista a detecção precoce do câncer de mama.

Levantamento de dados

Por meio de uma visita *in loco*, aplicou-se o instrumento de coleta de dados do PCQM-GO. Foram coletadas informações sobre a instituição, como natureza do serviço, tipo de atendimento, adesão ao programa de certificação de qualidade em mamografia do Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR) e número mensal de exames; sobre os equipamentos, como fabricante e modelo, tipo de comando (simples ou com estereotaxia), tipo de tecnologia (mamografia convencional e digital) e combinação alvo/filtro.

Também foram realizados testes para avaliação do desempenho dos equipamentos e materiais em relação a qualidade da imagem, exatidão da tensão do tubo, qualidade do feixe dos raios-X, por meio da camada semirredutora (CSR), dose na entrada do simulador e estimativa da dose glandular média (Dg). Para isso, foram utilizados como documentos referenciais a Portaria/MS/SVS nº 453⁽¹⁰⁾, as diretrizes europeias para garantia da qualidade no rastreamento e no diagnóstico do câncer de mama⁽²⁾ e o protocolo de controle de qualidade em mamografia da Agência Internacional de Energia Atômica⁽¹¹⁾.

Avaliação da qualidade da imagem

Para a avaliação da qualidade da imagem, utilizou-se um simulador radiográfico de mama adotado pelo INCA⁽⁹⁾ e pelo CBR⁽¹²⁾. As imagens foram geradas sempre nas mesmas condições em cada equipamento, com o simulador posicionado sobre a bandeja de suporte da mama, alinhado com o chassi na borda da parede torácica e o sensor do dispositivo do mamógrafo para o controle automático de exposição (CAE) ativado e posicionado sob o corpo central do simulador, sendo a tensão selecionada para a exposição mantida constante em 28 kV. Após a exposição, o filme foi revelado ou impresso, dependendo do tipo de tecnologia disponível no serviço.

Feita a interpretação, as imagens foram classificadas de acordo com a possibilidade de visibilização dos seguintes grupos de estruturas: quatro grades metálicas (resolução espacial), quatro microcalcificações (detalhes de alto contraste), quatro discos (detalhes de baixo contraste), quatro fibras (detalhes lineares de baixo contraste) e quatro massas. Os resultados da avaliação da qualidade da imagem foram consolidados para cada item e para todos juntos. Para cada critério avaliado considerado “em conformidade”, a imagem recebia um ponto, em uma escala variando entre zero e cinco pontos. A conformidade para a qualidade da imagem considerando todos os critérios foi aceita quando a imagem possuía pelo menos quatro pontos entre os cinco itens avaliados.

Avaliação do desempenho do mamógrafo

As medidas de exatidão de tensão do tubo, CSR e dose de entrada no simulador foram realizadas utilizando dosímetro clínico com detector de estado sólido (modelo Multi-O-Meter 535 L, Unfors, Billdal, Suécia) calibrado para mamografia.

Para a exatidão da tensão no tubo, foram realizadas quatro medidas para cada valor de tensão, utilizadas neste estudo como 26 kV, 28 kV, 30 kV e 32 kV, com o produto da corrente pelo tempo fixado em 50 mAs. Foi calculada a média das quatro leituras obtidas em cada tensão e determinado o desvio entre os valores nominais e os valores médios, de acordo com a Equação 1. Foi aceito como conformidade neste item o desvio de $\pm 0,05\%$ ⁽¹³⁾.

$$d(\%) = 100 \frac{kV_{nom} - kV_{médio}}{kV_{nom}} \quad \text{Equação 1}$$

sendo:

d = desvio

kV_{nom} = tensão nominal selecionada no equipamento

$kV_{médio}$ = média dos valores medidos para cada valor de tensão

As medidas para avaliar a CSR foram realizadas no modo de operação manual do mamógrafo, com técnica radiográfica fixa em 28 kV e o produto da corrente pelo tempo fixado em 50 mAs. Foram realizadas exposições sem atenuadores e, posteriormente, com adição de filtros de alumínio com espessuras de 0,296 mm e 0,498 mm. O cálculo da CSR foi realizado utilizando a Equação 2:

$$CSR = \frac{X_b \ln\left(2 \frac{L_a}{L_0}\right) - X_a \ln\left(2 \frac{L_b}{L_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_a}{L_b}\right)} \quad \text{Equação 2}$$

sendo:

L_0 = leitura inicial de exposição

L_a = leitura de exposição imediatamente superior a $L_0/2$

L_b = leitura de exposição imediatamente inferior a $L_0/2$

x_a = espessura de alumínio correspondente à leitura L_a

x_b = espessura de alumínio correspondente à leitura L_b

A dose de radiação na superfície de entrada do simulador foi determinada por meio da medida da grandeza dosimétrica kerma no ar (K_i)⁽¹¹⁾. As medidas foram realizadas com as mesmas técnicas radiográficas selecionadas para a tomada da imagem do simulador radiográfico. Considerando que o valor de referência para esta grandeza é de 10 mGy⁽¹⁰⁾ e que uma variação de $\pm 30\%$ deste valor é aceitável, neste trabalho foi adotada a faixa de 7–13 mGy para a conformidade.

Determinação da dose glandular média (Dg) a partir da medida do kerma no ar (K_i)

A Dg foi estimada de acordo com o código de prática internacional de dosimetria⁽¹¹⁾, que adota a metodologia de cálculo do protocolo europeu para dosimetria em mamografia⁽¹⁴⁾, a partir do K_i e dos valores tabelados para os coeficientes de conversão^(15,16), considerando-se o valor da CSR, a espessura de 5,3 cm da mama comprimida e a composição da mama em 50% de tecido glandular e 50% de tecido adiposo.

Análise dos dados

Para análise, os dados foram organizados de acordo com o tipo de atendimento: exclusivamente para o SUS, para o SUS e privado e somente

privado. Classificou-se como privado o atendimento realizado aos convênios de saúde e aos pacientes particulares. Quanto aos equipamentos, foram categorizados conforme a tecnologia em: convencional (tela-filme) e digital. A análise estatística foi realizada por meio do programa SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Estados Unidos). Foram calculadas as frequências absolutas e relativas das variáveis que caracterizaram os serviços e os equipamentos utilizados na mamografia, bem como as referentes à conformidade na qualidade da imagem, na dose e no desempenho dos mamógrafos.

Foram utilizados os testes Qui-quadrado e Exato de Fisher para a comparação da frequência de conformidade nos testes aplicados de acordo com o tipo de rede de serviços e com o tipo de tecnologia, respectivamente. Para os valores do produto da corrente pelo tempo e das medidas de dose (kerma) na entrada do simulador, foram calculadas as médias de cada tecnologia (convencional e digital) e os respectivos intervalos de 95% de confiança (IC95%). Testou-se a normalidade com o teste Kolmogorov-Smirnov Z e aplicado o Teste U Mann-Whitney para verificar as diferenças entre as médias.

RESULTADOS

Em 2010, o cadastro do PCQM-GO era formado por 129 serviços, dos quais, 102 estavam ativos e com 106 mamógrafos em uso. As características dos estabelecimentos de saúde avaliados e dos equipamentos são mostradas na Tabela 1. Esses serviços produziram cerca de 304.560 mamografias, com média mensal de 246 exames (20–880) e diária de 11. Comparando a média do número de exames diários entre os sistemas de saúde, não houve diferença estatística significativa. Entretanto, mensalmente, os serviços públicos contribuíram com 1952 exames (8%), os privados com convênio para o SUS executaram 9.430 exames (39%) e os exclusivamente privados realizaram 13.091 exames (53%).

Tabela 1 Frequência de variáveis relacionadas aos estabelecimentos de saúde e aos equipamentos de mamografia em uso segundo o tipo de atendimento, no estado de Goiás, em 2010.

| Variável | SUS | | SUS + Privado | | Privado | | Total |
|---------------------------|-----|------|---------------|------|---------|-------|-------|
| | n | % | n | % | n | % | |
| Mamógrafos em uso | | | | | | | |
| Comando simples | 8 | 7,8 | 41 | 40,2 | 53 | 52,0 | 102 |
| Comando com estereotaxia | – | – | – | – | 4 | 100,0 | 4 |
| Tipo de tecnologia | | | | | | | |
| Convencional | 8 | 11,4 | 34 | 48,6 | 28 | 40,0 | 70 |
| Digital | – | – | 7 | 19,4 | 29 | 80,6 | 36 |
| Certificado CBR | | | | | | | |
| Sim | – | – | 1 | 20,0 | 4 | 80,0 | 5 |
| Não | 8 | 8,2 | 40 | 41,2 | 49 | 50,5 | 101 |

Dos 106 mamógrafos em uso, 100 (94,3%) foram avaliados quanto aos parâmetros de desempenho dos equipamentos, qualidade da imagem e dose. Na Tabela 2, mostra-se a distribuição de mamógrafos por fabricante e tipo de tecnologia. Foram identificados dez fabricantes, sendo 90% dos equipamentos importados e 10% de fabricação nacional. Quanto ao tipo de tecnologia, 64% eram mamógrafos convencionais e 36% digitais do tipo CR. Entre os mamógrafos com sistema digitalizado, 30 estavam instalados nos serviços que atendiam exclusivamente ao sistema privado e sete atendiam tanto ao SUS quanto ao sistema privado.

De acordo com as características dos equipamentos, 39 possuíam combinação filtro/alvo de Mo/Mo e de Mo/Rh e os outros 61, somente de Mo/Mo. Os mamógrafos fabricados pela GE representaram o maior número de equipamentos (64%) e o modelo mais frequente foi o Senographe 600T (26%), entre os quais, oito eram de tecnologia digital (CR).

Tabela 2 Caracterização dos mamógrafos avaliados no estado de Goiás, em 2010, de acordo com os parâmetros de seu desempenho e de qualidade da imagem.

| Mamógrafo | Sistema convencional (A) | | | | Sistema digitalizado (B) | | | | Total (A + B) |
|--------------------|--------------------------|----------|--------|-------|--------------------------|------|-------|-------|------------------|
| | Kodak | Macrotec | Outros | Total | Agfa | Fuji | Kodak | Total | |
| GE | 23 | 12 | 3 | 38 | 8 | 6 | 12 | 26 | 64 |
| Senographe 500T | – | 1 | – | 1 | – | – | – | – | 1 |
| Senographe 600T | 10 | 5 | 3 | 18 | 2 | 2 | 4 | 8 | 26 |
| Senographe 700T | 5 | 2 | – | 7 | 1 | 1 | 2 | 4 | 11 |
| Senographe 800T | 3 | 2 | – | 5 | 2 | 1 | 1 | 4 | 9 |
| DMR | 4 | 2 | – | 6 | 2 | – | 4 | 6 | 12 |
| Alpha ST | 1 | – | – | 1 | – | 2 | – | 2 | 3 |
| Performa | – | – | – | – | 1 | – | 1 | 2 | 2 |

Continua

Conclusão

Tabela 2 Caracterização dos mamógrafos avaliados no estado de Goiás, em 2010, de acordo com os parâmetros de seu desempenho e de qualidade da imagem.

| Mamógrafo | Sistema convencional (A) | | | | Sistema digitalizado (B) | | | | Total (A + B) |
|-----------------|--------------------------|----------|--------|-------|--------------------------|------|-------|-------|------------------|
| | Kodak | Macrotec | Outros | Total | Agfa | Fuji | Kodak | Total | |
| Toshiba | 1 | 1 | – | 2 | – | – | 2 | 2 | 4 |
| VMI | 5 | 2 | 2 | 9 | – | – | – | – | 9 |
| Siemens | 2 | – | – | 2 | – | 1 | – | 1 | 3 |
| Elscint | 3 | – | – | 3 | – | – | 1 | 1 | 4 |
| Planmed | – | – | 2 | 2 | – | – | – | – | 2 |
| EMIC | 1 | – | – | 1 | – | – | – | – | 1 |
| Instrumentarium | – | – | 1 | 1 | 1 | – | – | 1 | 2 |
| Phillips | – | – | – | – | – | – | 1 | 1 | 1 |
| Lorad | 4 | 2 | – | 6 | 3 | – | 1 | 4 | 10 |
| Total | 39 | 17 | 8 | 64 | 12 | 7 | 17 | 36 | 100 |

Com relação às técnicas radiográficas que geraram as imagens mamográficas, nas Figuras 1A e 1B é mostrada a distribuição dos mamógrafos de acordo com a tecnologia, bem como dos valores medidos de tensão (kV) e do produto da corrente pelo tempo (mAs), tendo somente o último mostrado diferença estatística significativa entre tecnologia convencional e digital.

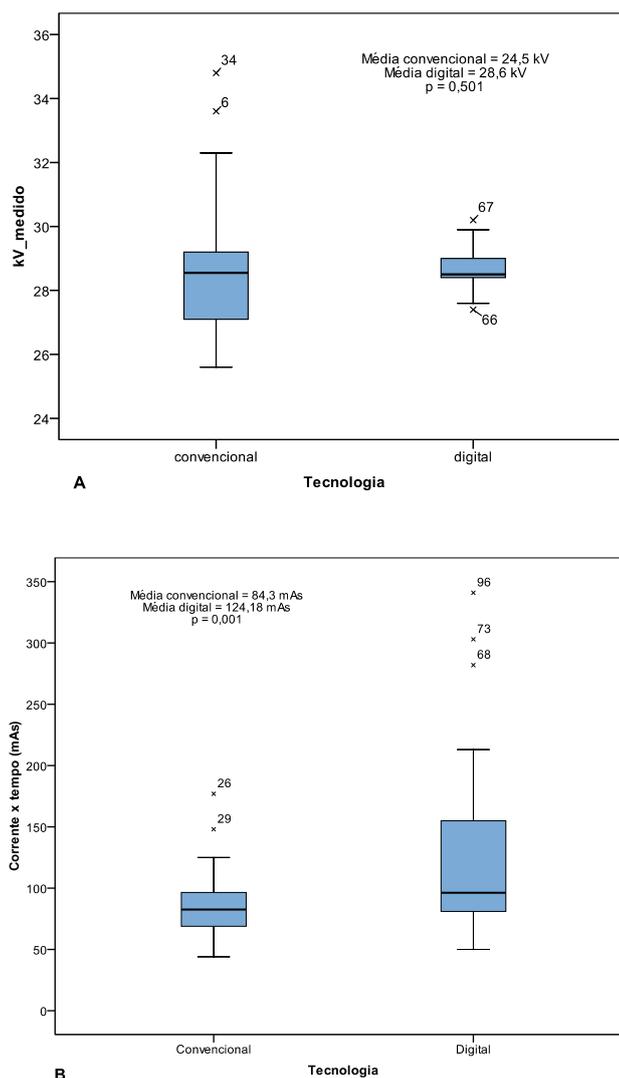


Figura 1. A: Distribuição de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, de acordo com a tensão (kV) medida segundo o tipo de tecnologia. **B:** Distribuição de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, de acordo com o produto da corrente pelo tempo (mAs) indicado segundo o tipo de tecnologia. *Teste U Mann-Whitney.

Na Tabela 3, são apresentados os percentuais de mamógrafos em conformidade com os parâmetros de desempenho avaliados nesta pesquisa, de acordo com o tipo de atendimento. A análise estatística mostrou que a qualidade do feixe de raios-X (CSR) foi o único item que apresentou diferença estatística entre os tipos de atendimento.

Tabela 3 Frequência de mamógrafos em conformidade com os parâmetros de avaliação da qualidade da imagem e de desempenho dos equipamentos segundo o tipo de sistema de saúde no estado de Goiás, em 2010.

| Variável | SUS | | SUS + privado | | Privado | | p* |
|---------------------------------|---------|-------|------------------|-------|----------|-------|--------------|
| | (n = 6) | | (n = 39) | | (n = 55) | | |
| | n | % | n | % | n | % | |
| Qualidade da imagem | 5 | 83,3 | 35 | 89,7 | 48 | 87,3 | 0,877 |
| Resolução espacial | 6 | 100,0 | 37 | 94,9 | 52 | 94,5 | 0,843 |
| Microcalcificações | 4 | 66,7 | 33 | 84,6 | 50 | 90,9 | 0,209 |
| Fibras | 6 | 100,0 | 39 | 100,0 | 52 | 94,5 | 0,282 |
| Massas | 6 | 100,0 | 39 | 100,0 | 54 | 98,2 | 0,662 |
| Discos de baixo contraste | 4 | 66,7 | 31 | 79,5 | 40 | 72,2 | 0,673 |
| Dose de entrada no simulador | 5 | 83,3 | 28 | 71,8 | 37 | 67,3 | 0,598 |
| Camada semirredutora (CSR) | 5 | 83,3 | 38 | 97,4 | 55 | 100,0 | 0,021 |
| Exatidão da tensão | 5 | 83,3 | 28 | 71,8 | 40 | 72,2 | 0,837 |

*Teste Qui-quadrado.

Os percentuais de mamógrafos em conformidade com os parâmetros de desempenho avaliados neste estudo, de acordo com o tipo de tecnologia, são mostrados na Tabela 4. Com base nos resultados da análise estatística, a visibilização de fibras e a dose foram os parâmetros que apresentaram diferença significativa entre os tipos de tecnologia, tendo apresentado menor conformidade no sistema digitalizado.

Tabela 4 Frequência de mamógrafos em conformidade com os parâmetros de avaliação da qualidade da imagem e de desempenho dos equipamentos segundo o tipo de tecnologia no estado de Goiás, em 2010.

| Variável | Sistema convencional | | Sistema digitalizado | | p* |
|------------------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|-------|
| | | (n = 64) | | (n = 36) | |
| Qualidade da imagem | 57 | 89,1 | 31 | 86,1 | 0,752 |
| Resolução espacial | 63 | 98,4 | 32 | 88,9 | 0,055 |
| Microcalcificações | 55 | 85,9 | 32 | 88,9 | 0,765 |
| Fibras | 64 | 100,0 | 33 | 91,7 | 0,044 |
| Massas | 64 | 100,0 | 35 | 97,2 | 0,360 |
| Discos de baixo contraste | 46 | 71,9 | 29 | 80,6 | 0,471 |
| Dose de entrada no simulador | 50 | 78,1 | 21 | 58,3 | 0,042 |
| Camada semirredutora (CSR) | 62 | 96,9 | 36 | 100,0 | 0,535 |
| Exatidão da tensão | 46 | 71,9 | 27 | 75,0 | 0,817 |
| Qualidade da imagem | 57 | 89,1 | 31 | 86,1 | 0,752 |

*Teste Exato de Fisher.

A média das doses na entrada do simulador para os mamógrafos de tecnologia convencional foi de 9,75 mGy ($\pm 2,46$ mGy), enquanto nos de tecnologia digital foi de 14,93 mGy ($\pm 8,39$ mGy), com $p < 0,001$. Nas Figuras 2A e 2B, são mostradas as frequências de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, de acordo com a tecnologia e conforme a Dg.

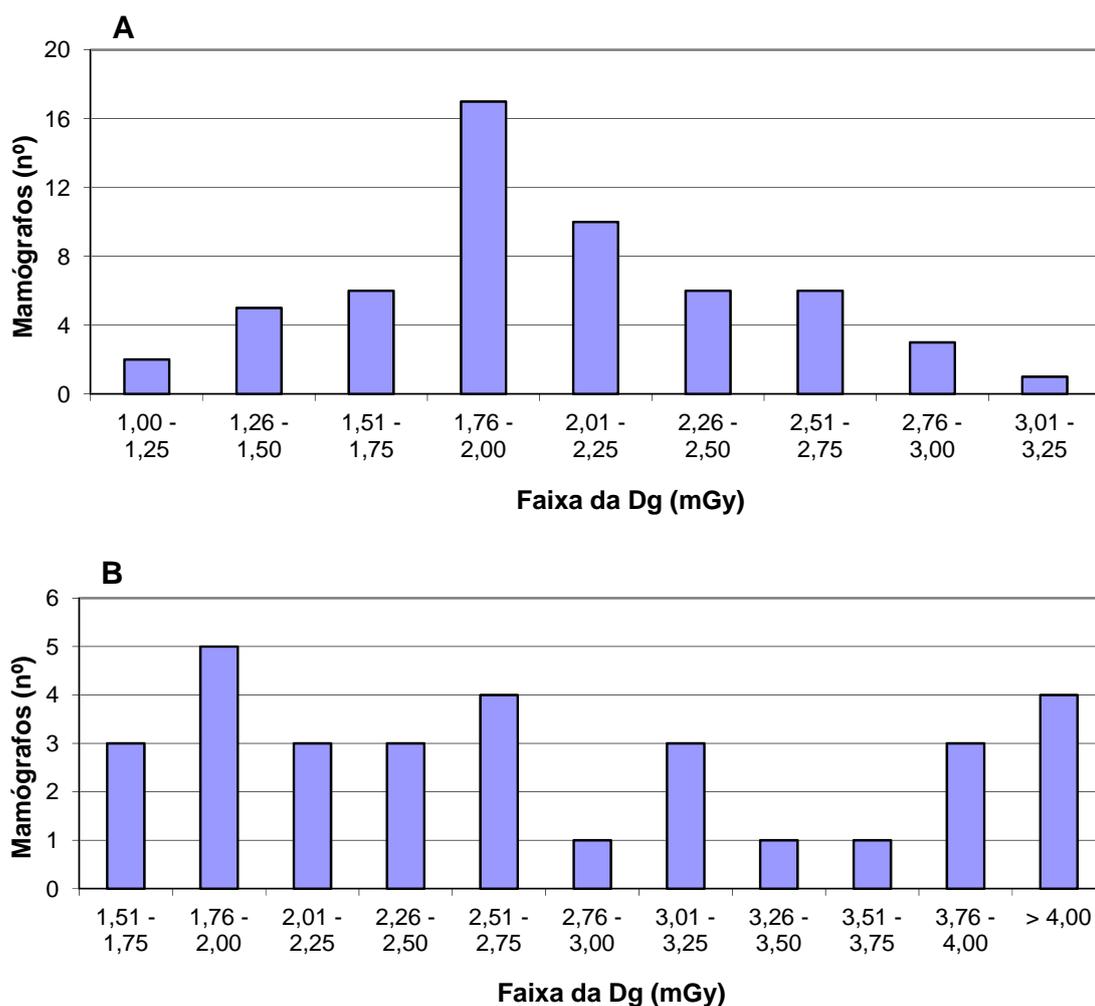


Figura 2. A. Frequência relativa de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, com tecnologia convencional, de acordo com a dose glandular média (Dg). **B.** Frequência de mamógrafos no estado de Goiás, em 2010, com tecnologia digital, de acordo com a dose glandular média (Dg).

DISCUSSÃO

A importância desta investigação reside na busca de informações sobre a infraestrutura para o rastreamento mamográfico disponível no estado de Goiás, com o intuito de instrumentalizar as políticas públicas de saúde para a detecção precoce do câncer de mama nesta unidade da federação.

Contrapondo informações disponíveis no CNES⁽⁵⁾ para o estado de Goiás, de acordo com as quais 98% dos mamógrafos estavam em atividade e somente 2% inativos, nossos dados demonstraram que esses percentuais foram de 73% e 27%, respectivamente. A diferença observada pode ser decorrente da efetividade do PCQM-GO, tendo em vista que dos 129 equipamentos cadastrados, somente 106 estavam em operação, em função de processos de interdição, paralisação ou desativação realizados pela ação do órgão de vigilância sanitária, bem como de mamógrafos que se encontravam com defeito ou em manutenção no período pesquisado.

Para acompanhar a produtividade dos serviços de mamografia, o INCA sugere o seguinte cálculo: 4 exames/hora x turno de trabalho de 8 horas x 22 dias x 12 meses x desempenho de 80%⁽¹⁷⁾. No estado de Goiás, a comparação sobre a produtividade esperada, de acordo com o cálculo proposto pelo INCA e o número de exames informados pelos serviços, mostrou baixa produtividade, pois eram esperados 716.348 exames, mas foram realizados apenas 304.560. Entretanto, comparando-se os dados atuais com os números de exames registrados em 2008⁽⁷⁾, houve aumento de 11% na produção de exames, o que sugere aumento da cobertura.

Extrapolando os dados nacionais para o estado de Goiás, considera-se que cerca de 80% da população depende exclusivamente do SUS para ter acesso ao sistema de saúde⁽¹⁸⁾. Este estudo mostrou que apenas 18% dos mamógrafos pertencem à rede própria do SUS, aspecto que indica que ela é pequena e, portanto, para permitir o acesso da população-alvo à mamografia, depende da rede de serviços privados conveniados.

Alguns estudos relataram a predominância dos equipamentos de fabricação GE no parque tecnológico existente no Brasil^(19,20). Esta predominância também foi detectada nesta pesquisa, sendo o modelo Senographe 600T o mais frequente. O número de mamógrafos desse modelo somado aos do modelo Senographe 500T e aos de outros fabricantes representaram 61% dos equipamentos que possuem combinação alvo/filtro somente de Mo/Mo. Estudos mostram que, para mamas pequenas, deve-se utilizar a combinação alvo/filtro de Mo/Mo e baixas quilovoltagens para a obtenção de imagens com contraste maior. Para mamas espessas e/ou densas, as combinações alvo/filtro de Mo/Rh ou Rh/Rh são mais indicadas, pois proporcionam contraste similar mas com redução significativa da dose⁽¹¹⁾. Assim, pode-se inferir que somente 39% dos equipamentos disponíveis são indicados para realizar mamografia para todos os tipos de mama, o que aponta para a necessidade de substituição dos equipamentos que não atendem as exigências para a mamografia de todos os tamanhos e composições mamárias.

Verificou-se a indisponibilidade de mamógrafos que possuem comando com estereotaxia para o SUS (Tabela 1), tendo em vista que todos em uso em 2010 estavam instalados em estabelecimentos privados. Como a estereotaxia é o método mais sensível para a biópsia e a marcação de microcalcificações⁽²¹⁾, a indisponibilidade desta tecnologia para as usuárias do SUS leva a inferir que possa haver maior número de biópsias cirúrgicas sendo praticadas nas pacientes do SUS, o que pode gerar maior risco para as pacientes, além de maior custo para o sistema de saúde⁽²²⁾.

Instituições brasileiras envolvidas em prevenção e controle do câncer de mama vêm adotando medidas para a garantia do acesso à mamografia de rastreamento com qualidade^(1,12,23). O CBR implantou o Programa de Certificação em Mamografia, em 1993⁽¹²⁾; porém, como se trata de um programa de caráter voluntário, em 2010, no estado de Goiás, somente quatro serviços possuíam esta certificação. Contudo, a adesão a esse programa deve aumentar com a obrigatoriedade estabelecida na portaria apresentada na Consulta Pública nº 8, que criou o Programa Nacional de Qualidade em

Mamografia (PNQM), com o objetivo de garantir a qualidade dos exames oferecidos à população e a redução do grau de risco associado ao uso dos raios-X na mamografia⁽²³⁾.

Em relação à substituição da mamografia convencional pela digital no Brasil, os primeiros mamógrafos digitais começaram a operar no ano de 2000 e, atualmente calcula-se que cerca de 30% dos equipamentos em operação empregam esta tecnologia⁽¹⁷⁾. Entre os mamógrafos em uso no estado de Goiás, em estudo realizado em 2008, 24% empregavam tecnologia digital⁽⁷⁾, ao passo que, no presente estudo, 44% dos equipamentos eram digitais. Dados preliminares do PCQM-GO mostraram que esse valor será ainda maior em 2011. Mesmo com toda a demanda de substituição da tecnologia convencional para a digital, os critérios normativos para o controle de qualidade para esta nova tecnologia ainda não estão estabelecidos no Brasil.

Em estudos de rastreamento mamográfico, comparando a mamografia digital com a convencional, observou-se que a taxa de detecção de câncer de mama é pouco maior na primeira do que na segunda (risco relativo de 1,17), não havendo diferenças quanto à taxa de reconvocação e quanto às características dos tumores⁽²⁴⁾. No presente estudo, a comparação da frequência de conformidade para a visualização de estruturas entre as tecnologias mostrou que a convencional foi melhor do que a digital para a visualização de tecido fibroso. Esse fato pode ser ocasionado pelo excesso de ruído na imagem, decorrente da dificuldade de otimização das técnicas radiográficas nos equipamentos com digitalizadores.

No Brasil, a recomendação como nível de referência para a dose de entrada na pele (DEP) é de 10 mGy em mama comprimida de 4,5 cm de espessura⁽¹⁰⁾. A comparação das doses de entrada no simulador, medidas neste estudo, mostrou diferença significativa entre as tecnologias, sendo a dose média entre os mamógrafos de tecnologia digital 53% maior do que na convencional.

Com relação à Dg recebida pelas pacientes, embora o Brasil não possua padrões normativos, o protocolo europeu recomenda 2,5 mGy para mama de 5,3 cm de espessura comprimida⁽²⁾. Os resultados obtidos neste estudo mostram que 12% dos mamógrafos convencionais e 50% dos digitais estavam acima do valor recomendado, o que pode representar um risco desnecessário de indução de câncer de mama em função do efeito carcinogênico da radiação. Devem ser realizados estudos para estimar o risco decorrente das doses aplicadas na mamografia, segundo a infraestrutura disponível, com o objetivo de estabelecer que somente serviços de mamografia que utilizem técnicas radiográficas otimizadas possam participar de programas de rastreamento com vistas à detecção precoce do câncer de mama.

CONCLUSÃO

A infraestrutura para o rastreamento mamográfico no estado de Goiás em 2010 era suficiente para atender à recomendação do INCA, porém com baixa produtividade por aparelho. Os equipamentos são exclusivos e dedicados à mamografia, apresentando padrão de qualidade da imagem aceitável segundo os critérios do PCQM-GO. As doses de radiação apresentaram-se heterogêneas entre as tecnologias, com predominância de doses mais altas nos equipamentos digitais. A otimização das técnicas radiográficas para mamas espessas e/ou densas coloca a demanda de substituição em cerca de 60% dos mamógrafos atualmente em operação.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Controle do câncer de mama: documento de consenso. Rio de Janeiro: INCA; 2004. [acessado em 2011 Set 12]. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/publicacoes/Consensointegra.pdf>

2. Perry N, Broeders M, de Wolf C, et al. European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis. 4th ed. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 2006. [acessado em 2011 20 Set]. Disponível em: http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/cancer/fp_cancer_2002_ext_guid_01.pdf
3. Smith RA, Cokkinides V, Brawley OW. Cancer screening in the United States, 2009: a review of current American Cancer Society guidelines and issues in cancer screening. *CA Cancer J Clin.* 2009; 59:27–41.
4. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Parâmetros técnicos para o rastreamento do câncer de mama: recomendações para gestores estaduais e municipais. Rio de Janeiro: INCA; 2009.
5. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde. Consulta: equipamentos. Brasília, DF; 2011. [acessado em 2011 8 Out]. Disponível em: http://cnes.datasus.gov.br/Mod_Ind_Equipamento.asp?VEstado=00
6. Brasil. Ministério da Saúde. DATASUS. Informações de saúde: projetos intercensitários 2010. Brasília, DF; 2011. [acessado em 2011 15 Out]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/cnv/popuf.def>
7. Corrêa RS, Freitas-Junior R, Peixoto JE, et al. Estimativas da cobertura mamográfica no estado de Goiás, Brasil. *Cad Saúde Públ.* 2011;27:1757–67.
8. Hendrick RE, Klabunde C, Grivegnee A, et al. Technical quality control practices in mammography screening programs in 22 countries. *Int J Qual Health Care* 2002;14:219–26.
9. Brasil. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Serviço de qualidade em radiações ionizantes: relatório - resumo 2008. Rio de Janeiro:

- INCA; 2009. [acessado em 2011 Out 12]. Disponível em: http://www1.inca.gov.br/pqrt/download/Relatorio_Resumo_PQRT_2008.pdf
10. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria/MS/SVS nº 453, de 1º de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo o território nacional e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2 jun 1998 [acessado em 2011 Set 18]. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm
 11. OIEA. Organismo Internacional de Energía Atómica. Control de calidad en mamografía. Protocolo elaborado en el marco de dos proyectos regionales ARCAL/OIEA. Viena; 2006. (IAEA-TECDOC-1517). [acessado em 2011 Set 12] Disponível em: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1517s_web.pdf
 12. Koch HA, Peixoto JE, Neves ALE. Análise da infra-estrutura para a mamografia no Brasil. Radiol Bras. 2000;33:23–9.
 13. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Radiodiagnóstico médico: desempenho de equipamentos e segurança. Brasília, DF: ANVISA; 2005. [acessado em 2011 Set 8] Disponível em: http://www.controllab.com.br/pdf/manual_radiodiagnostico.pdf
 14. Zoetelief J, Fitzgerald M, Leitz W, et al. European Protocol on Dosimetry in Mammography. Report EUR 16263. Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities; 1996.
 15. Dance DR. Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. Phys Med Biol. 1990;35:1211–9.
 16. Dance DR, Skinner CL, Young KC, et al. Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol. Phys Med Biol. 2000;45:3225–40.

17. Brasil. Ministério da Saúde. Grupo Nacional Força-Tarefa. Avaliação do funcionamento dos mamógrafos no âmbito do Sistema Único de Saúde. Cumprimento da Portaria nº 924, de 26 de abril de 2011. Brasília, DF; 2011.
18. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: um panorama da saúde no Brasil. Acesso e utilização dos serviços, condições de saúde e fatores de risco e proteção à saúde: 2008. Rio de Janeiro: IBGE; 2010. [acessado em 2011 Set 27] Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/pnad_2008_saude_final.pdf
19. Corrêa RS, Peixoto JE, Silver LD, et al. Impacto de um programa de avaliação da qualidade da imagem nos serviços de mamografia do Distrito Federal. *Radiol Bras*. 2008;41:109–14.
20. Oliveira M, Nogueira MS, Guedes E, et al. Average glandular dose and phantom image quality in mammography. *Nucl Instrum Methods Phys Res*. 2007;580:574–7.
21. Dillon MF, Hill AD, Quinn CM, et al. The accuracy of ultrasound, stereotactic, and clinical core biopsies in the diagnosis of breast cancer, with an analysis of false-negative cases. *Ann Surg*. 2005;242:701–7.
22. Camargo Júnior HSA, Camargo MMA, Teixeira SRC, et al. Biópsia de fragmento em nódulos mamários suspeitos com até 10 mm. *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2007;29:317–23. [acessado em 2011 Out 7] Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-72032007000600007>
23. Brasil. Ministério da Saúde. Consulta Pública nº 8, de 10 de novembro de 2011. Brasília, DF; 2011. [acessado em 2011 Nov. 21] Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/consulta_publica_08_mamografia_111111.pdf
24. Iared W, Shigueoka DC, Torloni MR, et al. Comparative evaluation of digital mammography and film mammography: systematic review and meta-analysis. *São Paulo Med J*. 2011;129:250–60.

Estimativa do risco de câncer radioinduzido em rastreamento mamográfico

Rosângela da Silveira Corrêa¹, João Emílio Peixoto², Rubemar de Souza Ferreira³, Rodrigo Tanaka⁴, Ruffo Freitas-Junior⁵

Resumo

Objetivo: Estimar a relação benefício–risco da mamografia, em termos do número de vidas salvas/número de vidas perdidas, na população feminina do estado de Goiás, em função da faixa etária indicada para o rastreamento e o tipo de tecnologia disponível. **Metodologia:** Participaram deste estudo os 100 mamógrafos em operação no estado de Goiás em 2010. Utilizou-se o modelo de cálculo do risco absoluto em excesso (*excess absolute risk*, EAR) para a determinação do número de casos de câncer de mama radioinduzido. A seguir, foram calculados o número de mortes e o número de vidas salvas para duas faixas etárias. **Resultados:** As médias dos números de casos de câncer de mama radioinduzido e de mortes decorrentes destes apresentaram diferenças estatisticamente significativas para a tecnologia empregada ($p < 0,001$). A relação vidas salvas/vidas perdidas foi de 75,5 (1253,8/16,6) para o rastreamento na faixa etária de 40 a 70 anos e de 166,5 (849,4/5,1) para a faixa etária de 50 a 70 anos. **Conclusões:** O rastreamento na faixa etária de 50 a 70 anos, quando realizado bianualmente em mamógrafos com tecnologia

¹ Doutoranda em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Goiás, Tecnologista Sênior da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste, Abadia de Goiás, GO, Brasil.

² Doutor em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Físico Médico, Serviço de Qualidade em Radiações Ionizantes, Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Doutor em Engenharia Nuclear pela COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tecnologista Sênior da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Bacharel em Física Médica pela Universidade de São Paulo, Analista de Saúde da Secretaria de Estado da Saúde, Superintendência de Vigilância em Saúde, Goiânia, GO, Brasil.

⁵ Doutor em Tocoginecologia pela Universidade Estadual de Campinas, Professor Orientador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde e Programa de Mastologia do Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

convencional, apresentou maior benefício em termos de proteção radiológica ao ser avaliado por meio da relação benefício–risco.

Palavras-chave: Câncer de mama. Programas de rastreamento. Mamografia. Proteção radiológica. Neoplasias induzidas por radiação.

Abstract

Objective: Estimate the benefit–risk balance of mammography, in terms of number of lives saved/number of lives lost, of females in the state of Goiás, according to the age group of screening and the type of technology available.

Method: In 2010, 100 mammography units were operating in the state of Goiás and participated in this study. We used the excess absolute risk (EAR) model to determine the number of cases of radiation-induced breast cancer. After that, we calculated the number of lives saved and the number of lives lost for two age groups. **Results:** The average number of cases of radiation-induced breast cancer and deaths caused by them presented statistically significant differences for technology employed ($p < 0.001$). The ratio lives saved/lives lost was 75.5 (1253.8/16.6) for screening at the 40–70-year age group and 166.5/1 (849.4/5.1) at the 50–70-year age group. **Conclusions:** Screening at the 50–70-year age group, when performed biennially in mammography units using conventional technology, presented more benefits regarding radioprotection when evaluated using the benefit–risk balance.

Key words: Breast cancer. Screening programs. Mammography. Radiation protection. Quality control. Radiation-induced cancer.

INTRODUÇÃO

Os programas de rastreamento do câncer de mama utilizam a mamografia para a detecção de lesões suspeitas de malignidade. Nesse método de diagnóstico mamário, as imagens são obtidas por meio da exposição das mulheres a um feixe de radiações ionizantes, os raios-X (IAEA, 2005; PERRY et al., 2006). As consequências adversas das radiações ionizantes são bem conhecidas e há grande preocupação com o seu emprego em programas de rastreamento, cujo objetivo é a detecção do câncer de mama em seus estágios iniciais. Por isso, é obrigatório que qualquer programa de rastreamento seja justificado, tanto em termos de proteção radiológica como de benefício para a saúde da população (ICRP, 1977; ICRP, 1990; BRASIL, 1998).

Na prática, a justificativa, no que concerne à proteção radiológica, pode ser feita ao se demonstrar que o benefício de um programa de rastreamento excede o risco associado ao uso da radiação ionizante. A justificativa para o uso das radiações em procedimentos médicos, no que tange ao benefício para a saúde da população, pode basear-se na redução da mortalidade decorrente do câncer de mama (ICRP, 1977; ICRP, 1990).

Diversos estudos procuram determinar a razão benefício–risco da mamografia em termos do número de casos de câncer de mama detectados e do número de casos de câncer potencialmente induzidos por este tipo de exame (BERRINGTON DE GONZÁLEZ; REEVES, 2005; YAFFE; MAINPRIZE, 2011; YOUNG et al., 2003). Essa relação é relativamente fácil de ser determinada, tanto em bases individuais como populacionais, quando o programa de rastreamento já está implantado. Por outro lado, quando o rastreamento ainda será implantado, antes do seu início, a análise benefício–risco relativa ao uso das radiações ionizantes deve ser baseada na relação entre o número de vidas salvas em função da redução da mortalidade esperada e o número de vidas perdidas em decorrência dos casos de câncer fatais induzidos pelas doses de radiação (YOUNG et al., 2003).

Devido aos efeitos potencialmente danosos das radiações ionizantes, as doses recebidas pelas mulheres que participam de programas de rastreamento devem ser monitoradas regularmente, podendo ser conhecidas com razoável precisão. Já os fatores de risco para a indução do câncer de mama pelas radiações ionizantes são conhecidos com menos precisão. Eles foram deduzidos pela análise dos resultados de vários estudos epidemiológicos de grupos de mulheres expostas às radiações. Esses grupos estudados incluem os sobreviventes das bombas atômicas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki, bem como vários grupos de mulheres que receberam doses altas de radiação por razões médicas, como em múltiplos exames de fluoroscopia do tórax na primeira metade do século passado (PRESTON et al., 2002).

No Brasil, ainda não há programas de rastreamento mamográfico de base populacional (BRASIL, 2011). Entretanto, nos últimos anos, tem sido observado, em todas as Unidades da Federação, aumento progressivo da realização de mamografias (BRASIL, 2005; BRASIL, 2010), tanto no sistema de saúde suplementar como no Sistema Único de Saúde (SUS), caracterizado como rastreamento do tipo oportunístico. Estudo recente mostrou que, para as mulheres na faixa etária de 50 a 69 anos, a estimativa da cobertura de mamografia no estado de Goiás foi de 66% (CORRÊA et al., 2011).

Outras ações têm sido implementadas no estado de Goiás visando desenvolver infraestrutura adequada para programa de rastreamento do câncer de mama, tanto em termos de proteção radiológica como de benefício para a saúde da população. Entre elas, destacam-se: a introdução de um sistema de gerenciamento de dados e emissão de laudo padronizado para os exames de mamografia realizados pelo SUS, denominado Sistema de Informação do Câncer de Mama (SISMAMA) (PASSMAN et al., 2011), e o Programa de Controle de Qualidade em Mamografia no Estado de Goiás (PCQM-GO) (TANAKA et al., 2011).

O PCQM-GO conseguiu evoluir e melhorar o seu desempenho graças a um programa rigoroso e abrangente de controle de qualidade aplicado aos

serviços de mamografia. Desde 2008, tem sido observada redução do número de casos de não conformidade dos parâmetros técnicos avaliados pelo programa (TANAKA et al., 2011). O mesmo não tem ocorrido com a dose glandular média (Dg) recebida pelas mulheres. A medição desse parâmetro segue o protocolo europeu, que recomenda o valor limite de 2,5 mGy para uma mama comprimida de 5,3 cm de espessura (PERRY et al., 2006). Medidas realizadas em 100 mamógrafos em operação no estado de Goiás mostraram que 12% dos equipamentos convencionais e 50% dos digitais estavam acima desse valor, o que pode indicar aumento do risco de indução de câncer de mama decorrente da introdução da tecnologia digital em mamografias (RAHAL et al., 2011).

Este trabalho teve como objetivo estimar a razão benefício–risco para programas de rastreamento do câncer de mama no estado de Goiás e, com isto, verificar se são justificados sob uma perspectiva de proteção radiológica. Adicionalmente, realizou-se uma comparação dessa razão entre os serviços que utilizam tecnologia digital e os que empregam tecnologia convencional, bem como entre os serviços do SUS e os do sistema de saúde suplementar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do presente estudo, foram coletados dados de 96 serviços cadastrados no PCQM-GO e que, em 2010, realizaram mamografia para o SUS e/ou o sistema de saúde suplementar. Nesses 96 serviços estavam em operação 100 mamógrafos que realizaram exames em 294.000 mulheres em 2010. Para a determinação do número de casos de câncer de mama radioinduzidos em cada serviço utilizou-se o modelo de cálculo de risco absoluto em excesso (EAR) a partir da estimativa da Dg (PRESTON et al., 2002).

Estimativa da dose glandular média (Dg)

A estimativa da Dg para cada equipamento teve como referência o código de prática internacional de dosimetria (IAEA, 2005), que adota a metodologia de cálculo do protocolo europeu para dosimetria em mamografia (PERRY et al., 2006). Nesse protocolo, a Dg é calculada a partir da medida do kerma no ar (K_i) de entrada na superfície da mama e da camada semirredutora (CSR) do feixe de raios-X, bem como de valores tabelados de coeficientes de conversão de K_i para Dg (DANCE, 1990; DANCE et al., 2000).

Os valores de K_i e da CSR foram medidos em cada um dos 100 mamógrafos. A medida de K_i foi realizada para os parâmetros da técnica radiográfica (kV, combinação alvo/filtro e mAs) empregados para a projeção crânio-caudal (CC) de uma mama de 5,3 cm de espessura e composição média. Para a medida de K_i , o dosímetro foi posicionado e exposto sobre um simulador que representa uma mama de 5,3 cm de espessura, medianamente comprimida, com composição correspondente a 50% de tecido glandular e 50% de tecido adiposo.

Estimativa do risco durante a vida de câncer induzido por exposições continuadas de mulheres participantes de programas de rastreamento mamário oportunistas

O risco durante a vida, expresso como a probabilidade de desenvolvimento de câncer de mama radioinduzido, desde uma dada idade após a exposição de mulheres submetidas a exames mamográficos, acumulados de um a n, a intervalos de dois anos, até uma outra dada idade, foi estimado a partir de modelo adaptado (PRESTON et al., 2002), adotado pelo comitê Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR) (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 2006). Foi também adotada a orientação do BEIR a favor da

aplicação do modelo de risco absoluto, tendo em vista a pouca sensibilidade do modelo de risco relativo quando aplicado a populações diferentes daquelas que validaram o modelo de cálculo. Neste trabalho, o modelo adotado assume que, para uma coorte de mulheres submetidas à mamografia, a radiação empregada produzirá discreto acréscimo de casos de câncer em adição aos casos já esperados por incidência espontânea ou de outra natureza que não a radiação.

No presente estudo, considerou-se como rotina de exame uma projeção crânio-caudal (CC) e uma projeção médio-lateral oblíqua (MLO) para cada mama na execução do rastreamento dos grupos etários de 40 a 70 anos e de 50 a 70 anos.

Na modelagem empregada para a estimativa do excesso de câncer de mama radioinduzido, considerou-se uma coorte de 100 mil mulheres no início do rastreamento e que os casos de câncer de mama radioinduzido têm início após um período de latência de 10 anos em seguida à exposição (GOSS; SIERRA, 1998).

No modelo de cálculo, usou-se a tabela de vida corrigida (IBGE, 2011) para a determinação do número de mortes de mulheres por outras causas diferentes do câncer de mama no período de idade compreendido entre o começo do rastreamento até qualquer idade antes do término do rastreamento. As tabelas de vida e de população feminina atuais foram ajustadas para emprego entre as idades de 40 e 85 anos.

Como resultados, foram obtidos e comparados os valores de risco de câncer de mama radioinduzido em decorrência do uso de tecnologias para mamografia digital e convencional, os quais foram normalizados para uma coorte de 100 mil mulheres. A seguir, calculou-se, para cada serviço, o número de mortes decorrentes de câncer de mama radioinduzido (vidas perdidas) em função do número de mulheres radiografadas em 2010. Para o cálculo de vidas salvas, considerou-se a redução da mortalidade devido ao rastreamento do câncer de mama e a cobertura de mamografia da população feminina do estado de Goiás.

Risco absoluto em excesso (EAR)

O EAR é expresso como a probabilidade do desenvolvimento de câncer de mama de natureza radiogênica em adição aos casos de câncer de natureza espontânea na idade A (anos), após a exposição a uma única dose de radiação ionizante, D (Gy), correspondente a um único exame de mamografia na idade A_x (anos), denominada idade da exposição. O EAR pode ser estimado a partir da Equação 1 (PRESTON et al., 2002):

$$EAR(A_x, A, D) = \begin{cases} 0 & \text{se } A < A_x + L \\ 100De^{-0,05(A_x-25)} \left(\frac{A}{50}\right)^m & \text{se } A \geq A_x + L \end{cases} \quad \text{Equação 1}$$

sendo:

EAR = número de casos de câncer induzidos por uma mamografia na idade A por 100 mil mulheres expostas

L = período de latência de 10 anos para o surgimento de câncer de mama radioinduzido

m = coeficiente de predisposição ao câncer em idade pré e pós-menopausa, considerando-se $m = 3,5$ para $A \leq 50$ anos e $m = 1$ para $A > 50$ anos

Como a modelagem utilizada prevê, para um processo periódico de rastreamento, a normalização de uma coorte de 100 mil mulheres na idade em que o rastreamento começa, A_B (anos), é razoável que o EAR seja calculado para cada A_x desde A_B até a idade em que o rastreamento termina, A_E (anos). Nessa relação, o número de casos de câncer de mama radioinduzido, $N_C(A)$, que aparecerão em um ano na idade A , considerando que as mulheres fazem exames regulares a cada dois anos, é dado pela Equação 2 (PRESTON et al., 2002):

$$N_C(A) = M(A_B, A) \sum_{A_x=A_B}^{A_E} EAR(A_x, A, D) \quad \text{Equação 2}$$

sendo:

$M(A_B, A)$ = probabilidade estatística de uma mulher (IBGE, 2011) que está presente na idade A_B para o rastreamento ainda estar viva tanto na idade A_x para participar do exame de rastreamento como na idade A , não tendo falecido por outra causa que não seja o câncer de mama radioinduzido

O risco durante a vida para o câncer de mama radioinduzido em todo o período do rastreamento, expresso em função do número de casos deste tipo de câncer, N_{C_T} , que aparecerão em uma coorte de 100 mil mulheres é expresso pela Equação 3 (PRESTON et al., 2002):

$$N_{C_T} = \sum_{A=A_B+L}^{A_{m\acute{a}x}} N_C \quad \text{Equação 3}$$

sendo:

$A_{m\acute{a}x}$ = idade máxima de interesse (neste estudo, escolheu-se 85 anos)

Mortes decorrentes de câncer de mama radioinduzido

Neste estudo, foi considerado o cenário de rastreamento continuado a intervalos de dois anos. O número de mortes na população-alvo, $N_D(A_D)$, que poderão ocorrer na idade A_D (anos), ou seja, na idade do óbito, como decorrência dos casos de câncer de mama radioinduzido manifestados, foi estimado a partir do número de casos de câncer que aparecerão na idade A e da probabilidade de que uma mulher falecerá na idade A_D devido a esse câncer, não tendo falecido previamente de alguma outra causa ou tendo sido tratada com sucesso de câncer de mama radioinduzido. Esse valor foi, então, somado para todas as idades possíveis, A (anos), nas quais o câncer poderá

surgir, iniciando após o período de latência de 10 anos e seguindo até a idade de falecimento. Utilizou-se a Equação 4 (PRESTON et al., 2002) para calcular esse parâmetro:

$$N_D(A_D) = \sum_{A=A_B+L}^{A_D} N_C(A) M(A, A_D) [S(A, \Delta - 1)] [S(A, \Delta - 1) - S(A, \Delta)]$$

Equação 4

sendo:

$M(A, A_D)$ = probabilidade de não morrer de outra causa que não seja o câncer de mama radioinduzido

$S(A, \Delta)$ = probabilidade de sobrevivência em um intervalo de anos Δ , após a detecção do câncer de mama na idade A , em que $\Delta = (A_D - A)$. A relação expressa a probabilidade de que uma mulher sobreviva em até menos de 1 ano de A_D , após o câncer ser detectado, mas não na idade A_D

Os dados de probabilidade de sobrevivência foram estimados a partir dos dados de Coldman e colaboradores (2007) e Coldman e colaboradores (2008) e extrapolados para 85 anos por meio de uma proporção linear simples das curvas de sobrevivência de Tabár e colaboradores (2003). Para a sobrevivência de mais de 20 anos após o câncer ser diagnosticado, utilizou-se uma extrapolação linear simples da inclinação entre os intervalos de 18 e 20 anos. Esses dados são mostrados na Figura 1.

Finalmente, o número total de mortes potencialmente causadas por câncer de mama radioinduzido, N_{DT} , foi calculado pelo somatório das mortes que ocorrerão em todos os anos do período do rastreamento, de acordo com a Equação 5:

$$N_{DT} = \sum_{A_D=A_B+L}^{A_{máx}} N_D(A_D)$$

Equação 5

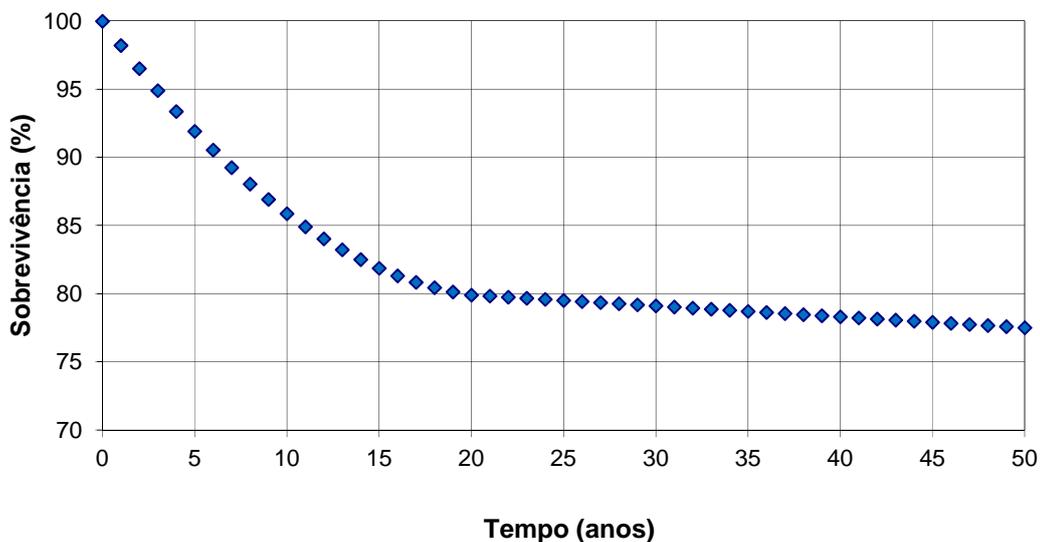


Figura 1. Curva de sobrevivência dos trabalhos de Coldman e colaboradores (2007) e Coldman e colaboradores (2008) e de Tabár e colaboradores (2003).

Cabe registrar que aproximações aplicadas ao método são representadas pelas curvas de sobrevida, obtidas de registros nacionais de censo aplicadas entre mulheres rastreadas e não rastreadas para cada ano, em relação ao modelo original que utiliza curvas de sobrevida específicas das populações originalmente estudadas e à redução em valores constantes de mortalidade para os dois grupos de idade dos modelos do rastreamento.

Vidas perdidas e vidas salvas no rastreamento oportunístico do estado de Goiás

Para a determinação do número de casos de morte (vidas perdidas) por câncer de mama radioinduzido em cada mamógrafo em operação no estado de Goiás no ano de 2010, utilizou-se o modelo de cálculo supracitado empregando a D_g estimada e o número de exames específicos para cada mamógrafo. Calculou-se o número de vidas salvas a partir da taxa bruta de mortalidade por

câncer de mama de 8,93 por 100 mil mulheres (BRASIL, 2011) e da população feminina, de 3.093.711, para o estado de Goiás (BRASIL, 2010). Considerou-se, também, que o rastreamento reduz em 24% a mortalidade decorrente de câncer de mama (COLDMAN et al., 2007; MOSS et al., 2006) e que, no estado, as mulheres têm 66% de cobertura de mamografia (CORRÊA et al., 2011). Finalmente, calculou-se a relação entre o número de vidas salvas e o número de vidas perdidas para o total de mamógrafos em operação no estado de Goiás.

Análise estatística

Para a análise, os dados foram organizados de acordo com o tipo de atendimento: serviços que atendiam exclusivamente o SUS, serviços privados que atendiam também ao SUS e serviços privados. Consideraram-se como privados os serviços que atendiam aos convênios de saúde e aos pacientes particulares. Quanto aos equipamentos, foram categorizados conforme a tecnologia em convencionais (tela-filme) e digitais.

A análise estatística foi realizada por meio do programa SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Estados Unidos). Calcularam-se a média e o desvio padrão das variáveis. Aplicou-se o teste Kolmogorov-Smirnov Z para verificar a normalidade das variáveis. Para verificar a diferença entre as médias nos tipos de tecnologia, utilizou-se o Teste U de Mann-Whitney e para os tipos de atendimento, o Teste de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

Dos 294.000 exames realizados no estado de Goiás em 2010, 174.456 foram feitos em mamógrafos com tecnologia convencional e 119.544 em mamógrafos com tecnologia digital do tipo CR. Desse total de exames, 16.778

foram realizados em serviços que atendiam exclusivamente ao SUS, 125.697 em serviços que atendiam ao SUS e também ao sistema de saúde suplementar e 151.525 em serviços que atendiam somente ao sistema suplementar. A distribuição do número de exames por mamógrafo, de acordo com o tipo de tecnologia e o tipo de atendimento, não apresentou diferença estatisticamente significativa (Tabela 1). Entretanto, no que se refere à Dg recebida pelas mulheres, as diferenças foram estatisticamente significativas para o tipo de tecnologia e o tipo de atendimento (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição do número de exames e da dose glandular média (Dg) considerando duas incidências mamográficas (CC e MLO), segundo o tipo de tecnologia, no estado de Goiás, em 2010.

| Variável | Mamógrafos (nº) | Exames | p | Dg | p |
|---------------------|--------------------|------------------|---------|-------------------|----------------|
| | | (nº) média±DP | | (mGy) média±DP | |
| Tipo de tecnologia | | | | | |
| Convencional | 64 | 2.726±1.878 | 0,157* | 4,28±1,06 | < 0,001* |
| Digital | 36 | 3.321±2.083 | | 6,61±3,67 | |
| Tipo de atendimento | | | | | |
| SUS | 6 | 2.800±1.923 | 0,475** | 3,63±0,78 | 0,019** |
| SUS+privado | 39 | 3.223±2.001 | | 4,81±2,63 | |
| Privado | 55 | 2.755±1.956 | | 5,50±2,63 | |

* Teste U de Mann-Whitney

** Teste de Kruskal-Wallis

Para a estimativa do número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, fornecida pelo modelo utilizado nesta pesquisa, considerou-se uma coorte de 100 mil mulheres iniciando o rastreamento aos 40 anos e expostas a

Dg de 4,28 mGy, quando radiografadas em mamógrafo convencional, e de 6,61 mGy, quando utilizado mamógrafo digital. Na Figura 2, apresenta-se o número de casos de câncer de mama radioinduzido para diferentes doses e idades de exposição, em função da idade da mulher, calculado conforme a Equação 1. Esses resultados mostram que uma mulher que faz uma mamografia aos 40 anos em um mamógrafo convencional, aos 60 anos tem a probabilidade de 0,243/100 mil de ter câncer de mama radioinduzido. Se ela tivesse sido radiografada em um equipamento digital, essa probabilidade seria de 0,375/100 mil (Figuras 2A e 2B).

Comparando as Figuras 2A e 2B, observa-se que, nos serviços estudados durante esta pesquisa, o menor EAR verificou-se para as mulheres que iniciaram rastreamento aos 50 anos em equipamentos convencionais, enquanto o maior EAR foi registrado para as mulheres que iniciaram o rastreamento aos 40 anos em equipamentos digitais. Para uma mesma idade de exposição, o risco entre as duas tecnologias aumentou com a idade da mulher para as duas faixas etárias. Para o rastreamento dos 40 aos 70 anos, o número de casos de câncer entre as tecnologias variou de 0,1102/100 mil mulheres/ano a 0,1871/100 mil mulheres/ano, ao passo que para o rastreamento dos 50 aos 70 anos variou de 0,0802/100 mil mulheres/ano a 0,1134/100 mil mulheres/ano.

Na Figura 3, observa-se o comportamento do número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano em 100 mil mulheres, calculado de acordo com a Equação 2. Os cálculos foram feitos para a idade limite de 85 anos, nos rastreamentos nas faixas de 40 a 70 anos e de 50 a 70 anos, com mamografias a intervalos de 2 anos e os dois tipos de tecnologia. O número de casos de câncer de mama radioinduzido apresentou distribuição semelhante tanto para as duas tecnologias como para as duas faixas etárias consideradas, em função da idade da mulher, diferindo apenas em termos numéricos.

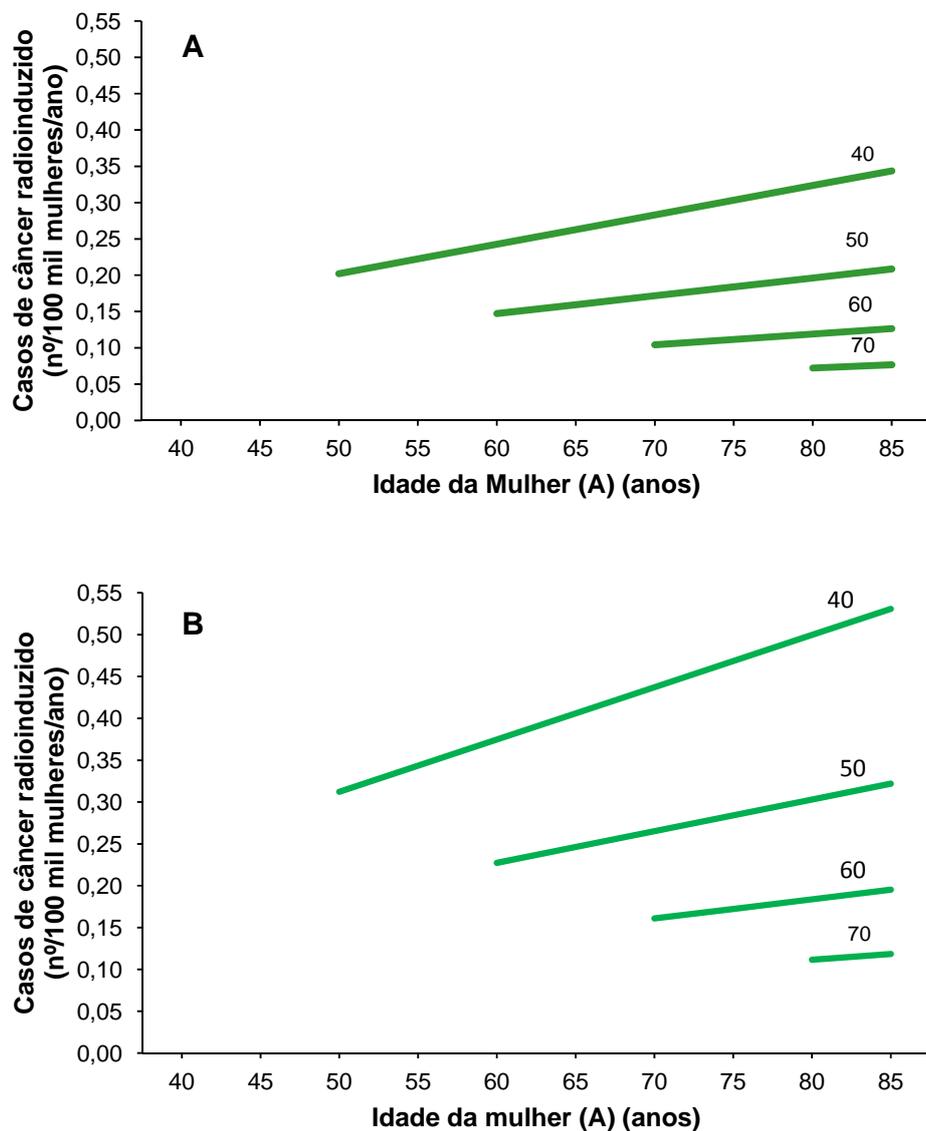


Figura 2. A. Número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a uma única mamografia entre as idade de 40 e 70 anos, para dose glandular média (Dg) de 4,28 mGy no caso de mamógrafo convencional, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010. **B.** Número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a uma única mamografia entre as idade de 40 e 70 anos, para Dg de 6,61 mGy no caso de mamógrafo digital, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010.

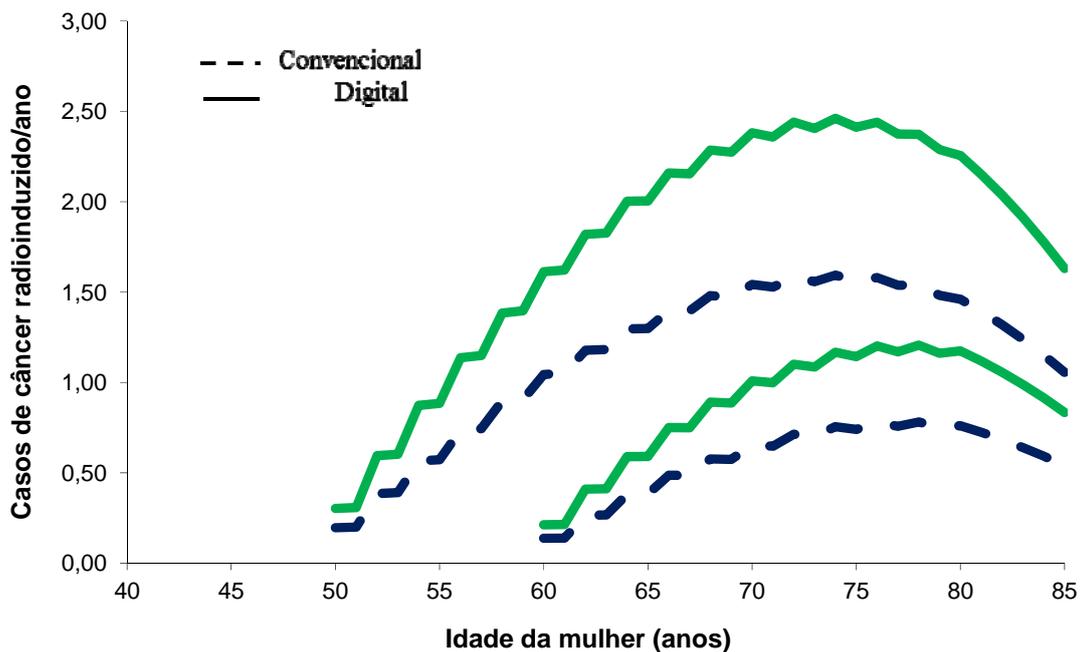


Figura 3. Número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a mamografias subsequentes a cada 2 anos, nas faixas etárias de 40 a 70 anos e de 50 a 70 anos, após 10 anos de latência, acompanhados até os 85 anos, para dose glandular média (Dg) de 4,28 mGy no caso de mamógrafo convencional e de 6,61 mGy no caso de mamógrafo digital, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010.

Observa-se que, após um período de latência de 10 anos, o número de casos aumenta progressivamente em função da idade, porque o risco decorrente das sucessivas mamografias vai se somando após cada exame. Por outro lado, à medida que a idade aumenta, a probabilidade de sobrevivência da mulher vai diminuindo e a curva de resposta começa a apresentar uma inflexão após os 70 anos, quando o rastreamento é interrompido.

Na Tabela 2, apresenta-se a média do número total de casos de câncer de mama radioinduzido estratificado por tipo de tecnologia e por tipo de atendimento, calculado de acordo com a Equação 3. Em ambos os casos, os

resultados apresentaram diferença estatisticamente significativa para as duas idades de início do rastreamento.

Tabela 2. Média do número total de casos de câncer de mama radioinduzido normalizado para 100 mil mulheres, por faixa etária de rastreamento, segundo o tipo de tecnologia, no estado de Goiás, em 2010.

| Variável | Mamógrafos (nº) | Casos de câncer de mama radioinduzido (nº) | | | |
|---------------------|--------------------|---|--------------------|-------------|----------------|
| | | 40-70 anos | | 50-70 anos | |
| | | média±DP | p | média±DP | p |
| Tipo de tecnologia | | | | | |
| Convencional | 64 | 41,47±10,25 | < 0,001* | 14,90±3,68 | < |
| Digital | 36 | 64,09±35,56 | | 23,02±12,78 | 0,001* |
| Tipo de atendimento | | | | | |
| SUS | 6 | 35,18±7,59 | | 12,64±2,73 | |
| SUS privado | 39 | 46,63±25,53 | 0,019** | 16,75±9,17 | 0,019** |
| Privado | 55 | 53,30±25,55 | | 19,15±9,18 | |

* Teste U de Mann-Whitney

** Teste de Kruskal-Wallis

A distribuição do número de mortes por ano em 100 mil mulheres, em função da idade até os 85 anos, para os rastreamentos nas faixas etárias entre 40 e 70 anos e entre 50 e 70 anos, com intervalos de 2 anos, de acordo com o tipo de tecnologia, é apresentada na Figura 4.

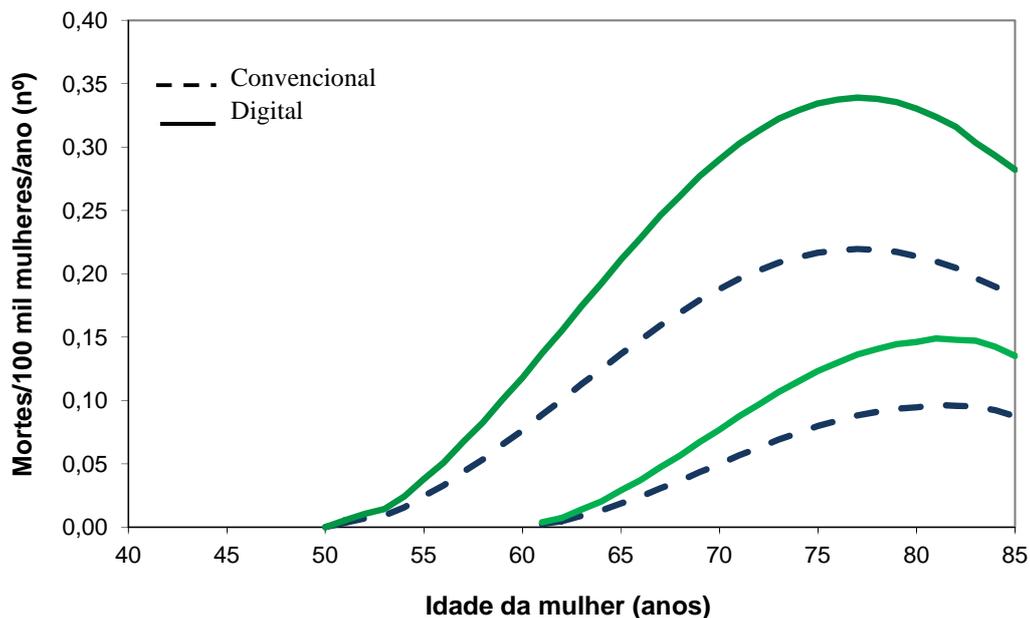


Figura 4. Número de mortes por câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a mamografias subsequentes a cada 2 anos, nas faixas etárias de 40 a 70 anos e de 50 a 70 anos, acompanhados até os 85 anos, para dose glandular média (D_g) de 4,28 mGy no caso de mamógrafo convencional e de 6,61 mGy no caso de mamógrafo digital, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010.

Observa-se que o padrão de distribuição das curvas de morte decorrentes de câncer de mama radioinduzido segue o mesmo comportamento de distribuição das curvas de casos de câncer de mama radioinduzido por ano. É importante salientar que os valores são influenciados pela probabilidade de morte da mulher por outras causas diferentes do câncer de mama e, principalmente, pela probabilidade de sobrevivência da mulher após o diagnóstico de câncer, como mostrado pela Equação 4.

Na Tabela 3, apresenta-se o número total de mortes decorrentes de câncer de mama radioinduzido, calculado segundo a Equação 5, estratificado por atendimento e tecnologia para os dois tipos de rastreamento. Assim como o

número total de casos de câncer de mama radioinduzido, o número de mortes decorrentes deste tipo de câncer apresentou diferenças estatisticamente significativas tanto para a tecnologia empregada na mamografia como para o tipo de atendimento oferecido à mulher.

Tabela 3. Média do número total de mortes decorrentes de câncer de mama radioinduzido normalizado para 100 mil mulheres, por faixa etária de rastreamento, segundo o tipo de tecnologia, no estado de Goiás, em 2010.

| Variável | Mamógrafos (nº) | Mortes por câncer de mama radioinduzido (nº) | | | |
|---------------------|--------------------|---|----------|------------------------|----------|
| | | 40-70 anos média±DP | p | 50-70 anos média±DP | p |
| Tipo de tecnologia | | | | | |
| Convencional | 64 | 4,90±1,21 | < 0,001* | 1,50±0,37 | < 0,001* |
| Digital | 36 | 7,58±4,21 | | 2,32±1,29 | |
| Tipo de atendimento | | | | | |
| SUS | 6 | 4,16±0,90 | | 1,27±0,27 | |
| SUS+privado | 39 | 5,51±3,02 | 0,019** | 1,69±0,92 | 0,019** |
| Privado | 55 | 6,30±3,02 | | 1,93±0,92 | |

* Teste *U* de Mann-Whitney

** Teste de Kruskal-Wallis

Estabelecido o número total de mortes decorrentes de câncer de mama radioinduzido, pode-se aferir uma comparação entre o número de vidas salvas e o número de vidas perdidas para cada modelo de rastreamento, dadas: a taxa de mortalidade bruta por câncer de mama, a população feminina, a cobertura

mamográfica e a mortalidade ao longo do período considerado no estudo para o estado de Goiás. Na Tabela 4, são apresentados os resultados da razão entre vidas salvas e vidas perdidas por câncer de mama radioinduzido ao final do período considerado nos dois tipos de rastreamento mamográfico, tendo sido apurado que a razão para o rastreamento com início aos 40 anos foi 60,94% menor do que para o rastreamento com início aos 50 anos.

Tabela 4. Razão entre vidas salvas e vidas perdidas em decorrência de câncer de mama radioinduzido, por faixa etária adotada para o rastreamento mamográfico, no estado de Goiás, em 2010.

| Parâmetro | Faixa etária de rastreamento (anos) | |
|---|-------------------------------------|-------|
| | 40-70 | 50-70 |
| Óbitos por câncer de mama até 70 anos de idade (nº) | 5.224 | 3.538 |
| Redução em 24% no número de óbitos (vidas salvas) (nº) | 1.253,8 | 849,4 |
| Óbitos por câncer de mama radioinduzido (vidas perdidas) (nº) | 16,6 | 5,1 |
| Razão vidas salvas/vidas perdidas | 75,5 | 166,5 |

DISCUSSÃO

A análise de oito estudos epidemiológicos envolvendo populações de mulheres que receberam doses de radiação nas mamas decorrentes de procedimentos médicos, realizada por Preston et al. (2002), possibilitou o

desenvolvimento de um modelo para a estimativa do risco de indução de câncer de mama por radiação (PRESTON et al., 2002). Esse modelo estabeleceu que a relação entre a indução de câncer de mama e a dose é linear. Com base nesse modelo, a Dg recebida pela mulher em uma mamografia fica caracterizada como a grandeza de proteção radiológica de importância a ser monitorada para o controle do risco nos programas de rastreamento mamográfico.

No presente trabalho, verificou-se que, no estado de Goiás, as doses empregadas nos equipamentos digitais do tipo CR são cerca de 54% maiores do que as utilizadas nos equipamentos convencionais. Em estudo recente, realizado em seis unidades de mamografia, essa tendência de emprego de doses maiores pelos equipamentos digitais CR também foi constatada por Coutinho e colaboradores (2010). Os autores estimaram a Dg recebida por 392 mulheres com mamas de espessuras compreendidas entre 5,5 cm e 6,5 cm, que fizeram mamografia nessas unidades. Eles constataram que nos equipamentos digitais do tipo CR, as doses eram 21% maiores do que as recebidas pelas mulheres radiografadas nos equipamentos convencionais. A diferença entre os valores das doses nos dois estudos decorre do fato de que as técnicas radiográficas (kV, mAs, combinação alvo/filtro) utilizadas na exposição das mulheres no trabalho de Coutinho e colaboradores (2010) foram otimizadas no sentido de fornecer imagens de melhor qualidade com doses menores.

A introdução da tecnologia digital para mamografia trouxe grande desafio para a padronização das doses nos programas de rastreamento. As avaliações técnicas dos equipamentos que realizam mamografia para o programa de rastreamento mamário do serviço nacional de saúde inglês (National Health Service Breast Screening Programme – NHSBSP) mostraram que os mamógrafos de tecnologia digital direta, ou seja, do tipo radiografia digital (DR), empregam doses inferiores em até 40% quando comparados com os equipamentos convencionais (YOUNG et al., 2008).

Por outro lado, essas avaliações também revelaram que, para a identificação de estruturas de alta densidade que simulam microcalcificações com diâmetros entre 0,1 mm e 0,25 mm nas imagens produzidas em diversos modelos de mamógrafos de tecnologia digital CR, é necessário o emprego de doses até 100% maiores do que nas imagens produzidas nos equipamentos de tecnologia convencional (COUTINHO et al., 2010).

A diferença entre a Dg utilizada em cada uma das duas tecnologias digitais atualmente disponíveis no mercado está relacionada ao processo de detecção da imagem. Na mamografia digital do tipo DR, a imagem é captada diretamente por uma matriz de detectores eletrônicos, enquanto na mamografia digital do tipo CR, ela é captada por uma placa de imagem de fósforo fotoestimulável que é lida em uma unidade digitalizadora (PEIXOTO, 2009).

Na tecnologia DR, cada elemento da matriz de detectores eletrônicos absorve os raios-X transmitidos através da mama e produz um sinal elétrico proporcional à intensidade dos raios-X. Na tecnologia CR, a placa de imagem de fósforo fotoestimulável, ao ser escaneada ponto a ponto por um feixe de laser na unidade digitalizadora, emite luminescência proporcional à intensidade dos raios-X nesses pontos (PEIXOTO, 2009).

Embora esses dois processos produzam uma imagem composta de pontos com tamanho entre 50 μm e 100 μm , apresentam distintas eficiências de conversão da energia dos raios-X absorvidos pelos detectores em sinal elétrico. A tecnologia DR tem maior eficiência de conversão e, portanto, é muito menos afetada por flutuações aleatórias no processo de formação de imagem. Tais flutuações são conhecidas como mosqueado quântico ou ruído da imagem, o qual prejudica a detectabilidade de estruturas de pequeno tamanho, como as microcalcificações. Na tecnologia CR, para manter reduzido o nível de ruído da imagem, faz-se necessário empregar técnicas radiográficas que produzem quantidade maior de radiação que atinge o detector, o que leva ao aumento da Dg para as mulheres (PEIXOTO, 2009).

Neste trabalho, constatou-se, também, que as médias dos valores de Dg apresentam diferença estatisticamente significativa quando analisadas em função do tipo de atendimento oferecido às mulheres, além do que, os serviços do sistema de saúde suplementar apresentam valores superiores aos encontrados nos serviços do SUS. Essa situação decorre do fato de que os mamógrafos digitais estão todos instalados em serviços que atendem ao sistema de saúde suplementar.

A produção mensal dos mamógrafos não apresenta diferença estatisticamente significativa quando comparada tanto em termos do tipo de tecnologia como do tipo de atendimento. Isso indica que a quantidade de exames é uma variável que não teve impacto na relação com o número de óbitos decorrentes de câncer de mama induzido pela exposição das mulheres aos mamógrafos de tecnologias diferentes, ou seja, os mamógrafos das duas tecnologias realizaram números de exames semelhantes. Portanto, ficou evidente que o valor final do risco em mamografia na população estudada é determinado exclusivamente pela dose de radiação fornecida pelo mamógrafo, a qual depende de sua tecnologia, e não pela produção dos mamógrafos.

Não por acaso, a significância estatística da comparação entre as Dg para os tipos de tecnologia ($p < 0,001$) e para o tipo de atendimento dos serviços ($p = 0,019$) se reproduzem na comparação estatística do número total de casos de câncer de mama radioinduzido e do número total de mortes em função destas duas variáveis.

O número de casos de câncer de mama radioinduzido durante a vida, estimado neste trabalho para uma coorte de 100 mil mulheres, variou de 14,9 para mulheres que iniciam o rastreamento aos 50 anos em mamógrafos convencionais a 64,1 para mulheres que iniciam o rastreamento aos 40 anos em mamógrafos digitais CR. Essa variação decorre da diferença das doses empregadas nas duas tecnologias e do número de vezes que a mulher é exposta. No rastreamento bienal dos 40 aos 70 anos, a mulher é exposta à

radiação 16 vezes, enquanto no rastreamento bienal dos 50 aos 70 anos, é exposta 11 vezes.

Yaffe e Mainprize (2011) estimaram o risco durante a vida para 100 mil mulheres em diversos cenários de exposição, encontrando valores entre 13,9 para mamografia bienal entre 50 e 59 anos e 85,2 para mamografia anual dos 40 aos 59 anos (YAFFE; MAINPRIZE, 2011). É importante ressaltar que, no estudo citado, foi utilizado o valor de 3,7 mGy para a Dg.

Young e colaboradores (2003) relataram valores de 61,5 e 92,8 casos/100 mil mulheres para o rastreamento entre 50 e 69 anos para os cenários de duas incidências (MLO e CC) no primeiro exame e uma incidência (MLO) nos exames trienais subsequentes e de duas incidências em todos os exames trienais, respectivamente. Para as estimativas, foram consideradas Dg de 2,5 mGy para uma única incidência (MLO) e de 4,5 mGy para duas incidências (MLO e CC).

No estudo realizado por Ferreira e colaboradores (1998), com dados de doses de 407 mulheres submetidas à mamografia convencional, os autores estimaram o risco durante a vida para frequência bienal de exames em 36,0 casos/100 mil mulheres para rastreamento entre 40 e 70 anos e 16,5 casos/100 mil mulheres para rastreamento entre 50 e 70 anos.

Com exceção do trabalho de Yaffe e Mainprize (2011), os outros estudos utilizaram modelos de cálculo para o risco durante a vida diferentes do adotado no presente estudo. Embora obtidos por modelos de cálculo e cenários distintos, as estimativas do risco durante a vida encontradas literatura validam os resultados deste trabalho.

No presente estudo, o número total de casos de morte decorrente de câncer de mama radioinduzido para uma coorte de 100 mil mulheres foi estimado em 1,5 para mulheres que iniciam o rastreamento aos 50 anos em mamógrafos convencionais e 7,6 para mulheres que iniciam o rastreamento aos 40 anos em mamógrafos digitais CR. Para uma mesma coorte e para diferentes cenários de exposição e doses empregadas, Yaffe e Mainprize (2011) relataram

valores entre 1,6 e 10,6 casos, ao passo que Young e colaboradores (2003) detectaram 9,0 casos para o rastreamento entre 50 e 69 anos para o cenário de duas incidências (MLO e CC) no primeiro exame e uma incidência (MLO) nos exames trienais subsequentes e de 13,9 casos para o cenário de duas incidências em todos os exames trienais.

Ao comparar os resultados deste trabalho com os encontrados na literatura, deve-se levar em consideração que foram utilizados os dados de sobrevivência específicos para a população brasileira (IBGE, 2011), tanto para o cálculo do número total de casos de câncer de mama induzido pela mamografia como do número total de mortes decorrentes desses casos de câncer.

A comparação do risco e do benefício da mamografia em termos de proteção radiológica foi feita por meio da relação vidas salvas/vidas perdidas. Nos cálculos, foram consideradas as doses e a produção de cada mamógrafo em operação no estado de Goiás. A relação vidas salvas/vidas perdidas foi de 75,5 (1253,8/16,6) para o rastreamento na faixa etária de 40 a 70 anos e de 166,5 (849,4/5,1) para o rastreamento na faixa etária de 50 a 70 anos.

Na literatura, são encontrados outros estudos que comparam a relação vidas salvas/vidas perdidas para faixas etárias abaixo e acima dos 50 anos. Em uma coorte de 100 mil mulheres, Feig e Hendrick (1997) estimaram que, para dose de 4 mGy e rastreamento anual entre 40 e 49 anos, essa relação é de 36,5 (292/8). Se o rastreamento tivesse frequência bienal, a relação seria de 48,5 (194/4). Beemsterboer e colaboradores (1998) relataram que essa relação, em rastreamento na faixa etária de 40 a 49 anos, com dose de 2 mGy por incidência foi de 66 para mamografia anual e de 97 para mamografia bienal; já para a faixa etária de 50 a 69, com a mesma dose, foi de 242 para mamografia bienal. Law e Faulkner (2001) concluíram, em seu estudo para o NHSBSP, que essa relação diminui progressivamente para as faixas etárias mais jovens. Para rastreamento bienal, com dose de 3,65 mGy, os autores estimaram que a

relação vidas salvas/vidas perdidas varia de 182 para a faixa etária de 60 a 64 anos a 11 para a faixa etária de 40 a 44 anos.

Assim sendo, os estudos disponíveis na literatura confirmam os resultados deste trabalho, os quais apontam a faixa etária de 50 a 70 anos para o rastreamento como aquela que apresenta a relação vidas salvas/vidas perdidas mais favorável em termos de proteção radiológica.

CONCLUSÃO

O rastreamento na faixa etária de 50 a 70 anos, quando realizado bianualmente em mamógrafos com tecnologia convencional, apresentou maior benefício em termos de proteção radiológica ao ser avaliado por meio da relação benefício–risco. O número de casos de câncer de mama radioinduzido e de mortes reproduz a mesma relação da diferença de dose entre as tecnologias dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

BEEMSTERBOER, P. M. M.; WARMERDAM, P. G.; BOER, R.; KONING, H. J. Radiation risk of mammography related to benefit in screening programmes: a favourable balance? *Journal of Medical Screening*, London, v. 5, no. 2, p. 81–87, 1998.

BERRINGTON DE GONZÁLEZ, A; REEVES, G. Mammographic screening before age 50 years in the UK: comparison of the radiation risks with the mortality benefits. *British Journal of Cancer*, Edinburgh, v. 93, no. 5, p. 590–596, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Coordenação Geral de Ações Estratégicas. Coordenação de

Prevenção e Vigilância. *Estimativa 2012*: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2011. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2012/estimativa20122111.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria/MS/SVS nº 453, de 1º de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo o território nacional e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 jun. 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm>. Acesso em: 9 out. 2007.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. *Pesquisa nacional por amostra de domicílios*: acesso e utilização de serviços de saúde 2003. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2003/saude/saude2003.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2009.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. *Pesquisa nacional por amostra de domicílios*: um panorama da saúde no Brasil: acesso e utilização dos serviços, condições de saúde e fatores de risco e proteção à saúde – 2008. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/panorama_saude_brasil_2003_2008/PNAD_2008_saude.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2011.

COLDMAN, A. J.; PHILLIPS, N.; OLIVOTTO, I. A.; GORDON, P.; WARREN, L.; KAN, L. Impact of changing from annual to biennial mammographic screening on breast cancer outcomes in women aged 50-79 in British Columbia. *Journal of Medical Screening*, London, v. 15, no. 4, p. 182–187, 2008.

COLDMAN, A.; PHILLIPS, N.; WARREN, L.; KAN, L. Breast cancer mortality after screening mammography in British Columbia women. *International Journal of Cancer*, New York, v. 120, no. 5, p. 1076–1080, 2007.

CORRÊA, R. S.; FREITAS-JÚNIOR, R.; PEIXOTO, J. E.; RODRIGUES, D. C. N.; LEMOS M. E. F.; MARINS L. A. P.; SILVEIRA, E. A. Estimativa da cobertura

mamográfica no estado de Goiás, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 9, p. 1757–1767, 2011.

COUTINHO, C. M. C.; ALMEIDA, C. D.; PEIXOTO, J. E.; LOPES, R. T. A new dosimetric phantom for evaluation of glandular dose in conventional and digital mammography systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON STANDARDS, APPLICATIONS AND QUALITY ASSURANCE, 2010, Vienna. *Book of extended synopses*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2010. p. 425–426.

DANCE, D. R. Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. *Physics in Medicine and Biology*, Bristol, v. 35, no. 9, p. 1211–1219, 1990.

DANCE, D. R.; SKINNER, C. L.; YOUNG, K. C.; BECKETT, J. R.; KOTRE, C. J. Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol. *Physics in Medicine and Biology*, Bristol, v. 45, no. 11, p. 3225–3240, 2000.

FEIG, A. S.; HENDICK, R. E. Radiation risk from screening mammography of women aged 40-49 years. *Journal of the National Cancer Institute Monographs*, Bethesda, v. 22, p. 119–124, 1997.

FERREIRA, R. S.; PEIXOTO, J. E.; KOCH, H. A.; DREXLER, G. Mamografias de alta resolução: uma avaliação do risco e do benefício. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 221–226, 1998.

GOSS, P. E.; SIERRA, S. Current perspectives on radiation-induced breast cancer. *Journal of Clinical Oncology*, Alexandria, v. 16, no. 1, p. 338–347, 1998.

IAEA. International Atomic Energy Agency. Optimization of the radiological protection of patients: Image quality and dose in mammography (coordinated research in Europe). Vienna, 2005. (IAEA-TECDOC-1447). Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1447_web.pdf>. Acesso em: 20 set. 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Brasil: Tábua completa de mortalidade – mulheres – 2010*. Brasília, DF, 2011. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tabuadevida/2010/mulheres.pdf>>. Acesso em: 12 jan 2012.

ICRP. International Commission on Radiological Protection. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Oxford: Pergamon Press, 1977. (ICRP Publication, 26).

ICRP. International Commission on Radiological Protection. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Oxford: Pergamon Press, 1990. (ICRP Publication, 60).

LAW, J.; FAULKNER, K. Cancers detected and induced, and associated risk and benefit, in a breast screening programme. *British Journal of Radiology*, London, v. 74, no. 888, p. 1121–1127, 2001.

MOSS, S. M.; CUCKLE, H.; EVANS, A.; JOHNS, L.; WALLER, M.; BOBROW, L. Effect of mammographic screening from age 40 years on breast cancer mortality at 10 years' follow-up: a randomised controlled trial. *Lancet*, London, v. 368, no. 9552, p. 2053–2060, 2006.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII-phase 2*. Washington, DC: National Academies Press, 2006.

PASSMAN, L. J.; FARIAS, A. M. R. O.; TOMAZELLI, J. G.; ABREU, D. M. F.; DIAS, M. B. K.; ASSIS, M.; ALMEIDA, P. F.; SILVA, R. C. F.; SANTINI, L. A. SISMAMA – Implementation of an information system for breast cancer early detection programs in Brazil. *The Breast*, v. 20, suppl. 2, p. S35–S39, 2011.

PEIXOTO, J. E. Controle de qualidade em mamografia. In: AGUILLAR, V. L. N.; BAUAB, S. P.; MARANHÃO, N. M. *Mama: diagnóstico por imagem*. Rio de Janeiro: Revinter, 2009. p. 83–106.

PERRY, N.; BROEDERS, M.; de WOLF, C.; TÖRNBERG, S.; HOLLAND, R.; von KARSA, L. *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*. 4. ed. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006. Disponível em:

<http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/cancer/fp_cancer_2002_ext_guid_01.pdf>. Acesso em: 9 out. 2007.

PRESTON, D. L.; MATTSSON, A.; HOLMBERG, E.; SHORE, R.; HILDRETH, N. G.; BOICE JUNIOR, J. D. Radiation effects on breast cancer risk: a pooled analysis of eight cohorts. *Radiation Research*, New York, v. 158, no. 2, p. 220–235, 2002.

RAHAL, R. M. S.; CORRÊA, R. S.; FREITAS-JÚNIOR, R.; RODRIGUES, D. C. N.; REMIGGI, R. T.; LEMOS, M. E. F. Infraestrutura dos serviços de mamografia no estado de Goiás. In: JORNADA GOIANA DE GINECOLOGIA E OBSTETRÍCIA, 36., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GINECOLOGIA E OBSTETRÍCIA DE GOIÁS, 3., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Federação Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia, 2011. TLG008.

TABÁR, L.; YEN, M. F.; VITAK, B.; CHEN, H. H.; SMITH, R. A.; DUFFY, S. W. Mammography service screening and mortality in breast cancer patients: 20-year follow-up before and after introduction of screening. *Lancet*, London, v. 361, no. 9367, p. 1405–1410, 2003.

TANAKA, R. M. N.; CORRÊA, R. S.; FREITAS-JÚNIOR, R.; LEMOS, M. E. F.; RODRIGUES, D. C. N.; RAHAL, R. M. S. Impacto de um programa de controle de qualidade em mamografia. In: JORNADA GOIANA DE GINECOLOGIA E OBSTETRÍCIA, 36., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GINECOLOGIA E OBSTETRÍCIA DE GOIÁS, 3., 2011, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Federação Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia, 2011. TLG007.

YAFFE, M. J.; MAINPRIZE, J. G. Risk of radiation-induced breast cancer from mammographic screening. *Radiology*, Easton, v. 258, p. 98–105, 2011.

YOUNG, K. C.; FAULKNER, K.; WALL, B.; MUIRHEAD, C. *Review of radiation risk in breast screening*. Report by a joint working party of the NHSBSP National Coordinating Group for Physics Quality Assurance and the National Radiological Protection Board. Sheffield, 2003. (NHSBSP Publication no. 54). Disponível em: <<http://www.cancerscreening.nhs.uk/breastscreen/publications/nhsbsp54.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2007.

YOUNG, K. C.; ODUKO, J. M.; GUNDOGDU, O.; ALSAGER, A. *Technical evaluation of the GE essential full field digital mammography system*. Sheffield: NHS Cancer Screening Programmes, 2008. (NHSBSP Equipment Report, 0803). Disponível em: <<http://www.cancerscreening.nhs.uk/breastscreen/publications/nhsbsp-equipment-report-0803.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

5 CONCLUSÕES

Os resultados desse trabalho permitem elaborar as seguintes conclusões:

- A cobertura da mamografia no estado de Goiás para a faixa etária de 50 a 69 anos foi de 66% e para a faixa etária de 40 a 69 anos foi de 61%. A cobertura é desigual entre as regionais de saúde e observou-se que a oferta é menor do que a demanda, bem como que a produção do SUS é inferior à do sistema não SUS.

- A implantação de um programa de controle de qualidade da mamografia foi efetiva para a melhoria da qualidade dos serviços que integram a rede do SUS.

- Para o rastreamento oportunístico no estado de Goiás, os equipamentos eram exclusivos e dedicados à mamografia e a tecnologia convencional está sendo substituída pelo sistema digital.

- Os exames são realizados com padrão de qualidade aceitável, segundo os critérios normativos, e as doses de radiação apresentaram-se heterogêneas entre as tecnologias, com predominância de doses mais altas nos equipamentos digitais.

- O número de casos de câncer de mama radioinduzido e de mortes reproduz a mesma relação da diferença de dose entre as tecnologias dos equipamentos. O rastreamento na faixa etária de 50 a 70 anos, quando realizado bianualmente em mamógrafos com tecnologia convencional, apresentou maior benefício em termos de proteção radiológica ao ser avaliado por meio da relação benefício–risco.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho possibilitou o conhecimento científico mais adequado sobre as bases em que o rastreamento oportunístico é realizado no estado de Goiás, no que se refere a infraestrutura, cobertura da mamografia, qualidade da imagem, doses empregadas e risco inerente ao uso das radiações ionizantes. Essas informações são relevantes tanto para o controle da qualidade dos serviços de saúde como para subsidiar futuras decisões dos gestores de saúde para a detecção precoce do câncer de mama.

Os resultados mostraram que há um número de mamógrafos próximo do suficiente para atender a população feminina do estado de Goiás, embora haja necessidade de substituição de algumas unidades. A distribuição de equipamentos é desigual, com maior concentração na capital do estado, o que promove cobertura desigual entre as regionais de saúde, influenciada pelo número de mamógrafos instalados e o número de exames realizados.

A análise inicial do desempenho dos equipamentos mostrou a necessidade de ações para a implantação do PCQM-GO. Como resultado deste trabalho, medidas foram adotadas, pelos órgãos responsáveis, na continuidade do PCQM-GO, com a ampliação para todos os serviços de mamografia no estado.

Desde a sua implantação, o PCQM-GO tem conseguido evoluir e melhorar o seu desempenho em função de um programa rigoroso e abrangente de controle de qualidade aplicado aos serviços de mamografia. No entanto, o mesmo não tem ocorrido com a dose empregada nas mulheres que realizam mamografia.

O aumento da dose é influenciado diretamente pela substituição dos equipamentos convencionais pelos equipamentos digitais. Em 2010, 36% dos mamógrafos em funcionamento no estado de Goiás eram do tipo CR. As doses

nesses equipamentos eram 54% maiores do que nos convencionais. Mesmo não havendo padrões normativos para o controle dos equipamentos digitais no país, é preciso adotar medidas para a otimização das técnicas radiográficas nestes sistemas e reduzir a dose para os padrões propostos para a mamografia convencional.

O estudo da dose aplicada na mamografia permitiu a avaliação de risco em termos de proteção radiológica do indivíduo e a análise da relação benefício–risco do rastreamento mamográfico mostrou que o benefício foi menor para as mulheres que realizam mamografia nos sistemas digitais, reforçando a necessidade de controle das doses nos sistemas CR.

REFERÊNCIAS

ACS. American Cancer Society. *Cancer prevention and early detection. Facts and figures 2009*. Atlanta, 2009. Disponível em: <http://www.cancer.org/acs/groups/content/@nho/documents/document/860009web_6-4-09.pdf.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2011.

AZEVEDO, A. C. Avaliação de desempenho de serviços de saúde. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 64–71, 1991.

AZEVEDO, A. C.; KOCH, H. A.; CANELLA, E. O. Auditoria em centro de diagnóstico mamário para detecção precoce de câncer de mama. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 431–434, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rb/v38n6/27219.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2011

BOICE JUNIOR, J. D.; PRESTON, D.; DAVIS, F. G.; MONSON, R. R. Frequent chest X-ray fluoroscopy and breast cancer incidence among tuberculosis patients in Massachusetts. *Radiation Research*, New York, v. 125, no. 2, p. 214–222, 1991.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Radiodiagnóstico médico: desempenho de equipamentos e segurança*. Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em: <http://www.controllab.com.br/pdf/manual_radiodiagnostico.pdf>. Acesso em: 8 set. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde*. Brasília, DF, 2007a. Disponível em: <<http://cnes.datasus.gov.br>>. Acesso em: 7 jan. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Controle do câncer de mama: documento de consenso*. Rio de Janeiro: INCA, 2004. Disponível em:

<<http://www.inca.gov.br/publicacoes/Consensointegra.pdf>>. Acesso em: 7 jul. 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer. *Mamografia: da prática ao controle*. (Recomendações para profissionais da saúde). Rio de Janeiro: INCA, 2007b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Coordenação Geral de Ações Estratégicas. Coordenação de Prevenção e Vigilância. *Estimativa 2012: incidência de câncer no Brasil*. Rio de Janeiro: INCA, 2011. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/estimativa/2012/estimativa20122111.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria/MS/SVS nº 453, de 1º de junho de 1998. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo o território nacional e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 jun. 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm>. Acesso em: 9 out. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Rastreamento*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2010. (Série A. Normas e Manuais Técnicos) (Cadernos de Atenção Primária, n. 29). Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/publicacoes/cadernos_ab/abcdad29.pdf>. Acesso em: 12 set. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Instituto Nacional de Câncer. *Inquérito domiciliar sobre comportamentos de riscos e morbidade referida de doenças e agravos não transmissíveis*. Rio de Janeiro: INCA, 2007c. Disponível em:

<http://www.inca.gov.br/publicacoes/publicacao_inquerito22_06.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2009.

BUSHBERG, J. T.; SEIBERT, J. A.; LEIDHOLDT JUNIOR, E. M.; BOONE, J. M. *The essential physics of medical imaging*. 2. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.

BUSHONG, S. C. *Radiologic sciences for technologists: physics, biology and protection*. 6. ed. St. Luis: Mosby, 1998.

CHAGPAR, A. B.; McMASTERS, K. M. Trends in mammography and clinical breast examination: a population-based study. *Journal of Surgical Research*, New York, v. 140, no. 2, p. 214–219, 2007.

CHEN, R. C.; LONGO, R.; RIGON, L.; ZANCONATI, F.; DE PELLEGRIN, A.; ARFELLI, F.; DREOSSI, D.; MENK, R. H.; VALLAZZA, E.; XIAO, T. Q.; CASTELLI, E. Measurement of the linear attenuation coefficients of breast tissues by synchrotron radiation computed tomography. *Physics in Medicine and Biology*, Bristol, v. 55, no. 17, p. 4993–5005, 2010.

COUTINHO, C. M. C. *Avaliação da dose glandular em sistemas de mamografia convencional e digital utilizando um fantoma dosimétrico*. 2009. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Nuclear)–Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.con.ufrj.br/DScTeses/teses2009/tese_celiamaria.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2010.

DANCE, D. R. Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. *Physics in Medicine and Biology*, Bristol, v. 35, no. 9, p. 1211–1219, 1990.

DANCE, D. R.; SKINNER, C. L.; YOUNG, K. C.; BECKETT, J. R.; KOTRE, C. J. Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK

mammography dosimetry protocol. *Physics in Medicine and Biology*, Bristol, v. 45, no. 11, p. 3225–3240, 2000.

DATTA, K.; BISWAS, J. Influence of dietary habits, physical activity and affluence factors on breast cancer in East India: a case-control study. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, Goyang-si, v. 10, no. 2, p. 219–222, 2009.

Disponível em:
<http://www.apocp.org/cancer_download/Volume10_No2/219c%20Datta.pdf>.

Acesso em: 15 jul. 2010.

FEIG, A. S. Screening mammography: a successful public health initiative. *Revista Panamericana de Salud Publica*, Washington, DC, v. 20, no. 2/3, p.125–133, 2006.

FERLAY, J.; SHINH, H.; BRAY, F.; FORMAN, D.; MATHERS, C.; PARKIN, D. *Globocan 2008*. Cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2008. Lyon: International Agency for Research on Cancer, 2008. Disponível em: <<http://globocan.iarc.fr>>. Acesso em: 10 jul. 2010.

FERREIRA, R. S.; PEIXOTO, J. E.; KOCH, H.; DREXLER, G. Mamografias de alta resolução: uma avaliação do risco e benefício. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 221–276, 1998.

FREITAS-JUNIOR, R.; FREITAS, N. M.; CURADO, M. P.; MARTINS, E.; MOREIRA, M. A. R.; SILVA, C. M. B. Variations in breast cancer incidence per decade of life (Goiânia, GO, Brazil): 16-year analysis. *Cancer Causes and Control*, Oxford, v. 19, no. 7, p. 681–687, 2008.

FREITAS-JUNIOR, R.; FREITAS, N. M. A.; CURADO, M. P.; MARTINS, E.; SILVA, C. M. B.; RAHAL, R. M. S.; QUEIROZ, G. S. Incidence trend for breast cancer among young women in Goiânia, Brazil. *São Paulo Medical Journal*, São Paulo, v. 128, no. 2, p. 81–84, 2010.

GONZAGA, C. M. R. *Mortalidade por câncer de mama nas mulheres brasileiras no período de 1980 a 2009*. 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde)–Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

GOSS, P. E.; SIERRA, S. Current perspectives on radiation-induced breast cancer. *Journal of Clinical Oncology*, Alexandria, v. 16, no. 1, p. 338–347, 1998.

HAUS, A. G.; YAFFE, M. J. Screen-film and digital mammography. Image quality and radiation dose considerations. *Radiologic Clinics of North America*, Philadelphia, v. 38, no. 4, p. 871–898, 2000.

HENDRICK, R. E.; HELVIE, M. A. United States Preventive Services Task Force screening mammography recommendations: science ignored. *American Journal of Roentgenology*, Leesburg, v. 196, no. 2, p. W112–W116, 2011.

HOFFMAN, D. A.; LONSTEIN, J. E.; MORIN, M. M.; VISSCHER, W.; HARRIS III, B. S. H.; BOICE, JUNIOR, J. D. Breast cancer in women with scoliosis exposed to multiple diagnostic X rays. *Journal of the National Cancer Institute*, Bethesda, v. 81, no. 17, p. 1307–1312, 1989.

HOWE, G. R.; McLAUGHLIN, J. Breast cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionizing radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with breast cancer mortality in the atomic bomb survivors study. *Radiation Research*, New York, v. 145, no. 6, p. 694–707, 1996.

HUMPHREY, L. L.; HELFAND, M.; CHAN, B. K. S.; WOOLF, S. H. Breast cancer screening: a summary of the evidence for the U.S. Preventive Services Task Force. *Annals of Internal Medicine*, Philadelphia, v. 137, no. 5, p. 347–360, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas das populações dos municípios em 2008*. Brasília, DF, 2008. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=1215>. Acesso em: 20 jun 2009.

ICRP. International Commission on Radiological Protection. *Radiological protection and safety in medicine*. Oxford: Pergamon Press, 1996. (ICRP Publication, 73).

JACKSON, S. L.; TAPLIN, S. H.; SICLES, E. A.; ABRAHAM, L.; BARLOW, W. E.; CARNEY, P. A.; GELLER, B.; BERNS, E. A.; CUTTER, G. R.; ELMORE, J. G. Variability of interpretive accuracy among diagnostic mammography facilities. *Journal of the National Cancer Institute*, Bethesda, v. 101, no. 11, p. 814–827, 2009.

JEMAL, A.; CENTER, M. M.; DeSANTIS, C.; WARD, E. M. Global patterns of cancer incidence and mortality rates and trends. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, Philadelphia, v. 19, no. 8, p. 1893–1907, 2010.

JOHNS, H. E.; CUNNINGHAM, J. H. *The physics of radiology*. 4. ed. Springfield: Charles C. Thomas, 1983.

KOCH, H. A.; PEIXOTO, J. E.; NEVES, A. L. E. Análise da infra-estrutura para a mamografia no Brasil. *Radiologia Brasileira*, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 23–30, 2000.

MAHESH, M. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: digital mammography: an overview. *Radiographics*, Easton, v. 24, no. 6, p. 1747–1760, 2004.

MOSS, S. A trial to study the effect on breast cancer mortality of annual mammographic screening in women starting at age 40. *Journal of Medical Screening*, London, v. 6, no. 3, p. 144–148, 1999.

MURPHY, C. An overview of radiologic technology in the management of breast cancer. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, Ottawa, v. 36, no. 4, p. 6–14, 2005.

NG, E. H.; NG, F. C.; TAN, P. H.; LOW, S. C.; CHIANG, G.; TAN, K. P.; SEOW, A.; EMMANUEL, S.; TAN, C. H.; HO, G. H.; NG, L. T.; WILDE, C. C. Results of intermediate measures from a population-based, randomized trial of mammographic screening prevalence and detection of breast carcinoma among Asian women: the Singapore Breast Screening Project. *Cancer*, Philadelphia, v. 82, no. 8, p. 1521–1528, 1998.

OIEA. Organismo Internacional de Energía Atómica. *Control de calidad en mamografía*. Protocolo elaborado en el marco de dos proyectos regionales ARCAL/OIEA. Viena: OIEA, 2006. (IAEA-TECDOC-1517). Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1517s_web.pdf>. Acesso em: 9 out. 2007.

OLIVEIRA, L.C.G. *Estimativa do kerma no ar na superfície de entrada em exames mamográficos*. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://teses.ufrj.br/coppe_m/larissaconceicaoogomesoliveira.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2011.

PEIXOTO, J. E. Controle de qualidade em mamografia. In: AGUILLAR, V. L. N.; BAUAB, S. P.; MARANHÃO, N. M. *Mama: diagnóstico por imagem*. Rio de Janeiro: Revinter, 2009. p. 83–106.

PERRY, N.; BROEDERS, M.; de WOLF, C.; TÖRNBERG, S.; HOLLAND, R.; von KARSA, L. *European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis*. 4. ed. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006. Disponível em: <http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/cancer/fp_cancer_2002_ext_guid_01.pdf>. Acesso em: 9 out. 2007.

SANTOS, A. F. *Física médica em mamografia*. Rio de Janeiro: Revinter, 2010.

SANTOS, T. A. G. *Acesso, cobertura, qualidade e dose da mamografia no Brasil*. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Radioproteção e Dosimetria)– Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Comissão Nacional de Energia Nuclear na Área de Física Médica, Rio de Janeiro, 2006.

SHAPIRO, B. S.; VENET, W.; STRAX, P.; VENET, L. *Periodic screening for breast cancer: the Health Insurance Plan project and its sequelae, 1963-1986*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1988.

SUZUKI, T.; TOI, M.; SAJI, S.; HORIGUCHI, K.; ARUGA, T.; SUZUKI, E.; HORIGUCHI, S.; FUNATA, N.; KARASAWA, K.; KAMATA, N. Early breast cancer. *International Journal of Clinical Oncology*, Tokyo, v. 11, no. 2, p. 108–119, 2006.

TAPLIN, S.; ABRAHAM, L.; BARLOW, W. E.; FENTON, J. J.; BERNS, E. A.; CARNEY, P. A.; CUTTER, G. R.; SICKLES, E. A.; CARL, D.; ELMORE, J. G. Mammography facility characteristics associated with interpretive accuracy of screening mammography. *Journal of the National Cancer Institute*, Bethesda, v. 100, no. 12, p. 876–887, 2008.

THULER, L. C. S. Considerações sobre a prevenção do câncer de mama feminino. *Revista Brasileira de Cancerologia*, Rio de Janeiro, v. 49, n. 4, p. 227–238, 2003.

WHO. World Health Organization. *Cancer*. Fact sheet no. 297. Geneva: WHO, 2009. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/>>. Acesso em: 3 jan. 2009.

WHO. World Health Organization. *Early detection*. Cancer control: knowledge into action: WHO guide for effective programmes; module 3. Geneva: WHO, 2007. Disponível em: <<http://www.who.int/cancer/modules/Early%20Detection%20Module%203.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2009.

YOUNG, K. C.; FAULKNER, K.; WALL, B.; MUIRHEAD, C. *Review of radiation risk in breast screening*. Report by a joint working party of the NHSBSP National Coordinating Group for Physics Quality Assurance and the National Radiological Protection Board. Sheffield, 2003. (NHSBSP Publication no. 54). Disponível em: <<http://www.cancerscreening.nhs.uk/breastscreen/publications/nhsbsp54.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2007.

ZOETELIEF, J.; FITZGERALD, M.; LEITZ, W.; SÄBEL, M. *European protocol on dosimetry in mammography*. Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities, 1996. (Report EUR 16263).