

RISCO DE CÂNCER RADIOINDUZIDO EM RASTREAMENTO MAMOGRAFICO

**Rosangela da Silveira Corrêa¹, João Emílio Peixoto², Rubemar de Souza Ferreira³,
Ruffo Freitas-Junior⁴**

¹ Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste (CRCN-CO)
Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)
BR-060 Km 174,5, Parque Estadual Telma Ortegal
75345-000 Goiânia, GO
rcorrea@cnen.gov.br

² Instituto Nacional de Câncer (INCA)
Rua do Rezende, nº 128/322. Centro
20.231-092 Rio de Janeiro, RJ
joao.e.peixoto@uol.com.br

³ Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)
Rua Gal Severiano, nº 90 - Botafogo
22290-901 Rio de Janeiro - RJ - Brasil
josilto@cnen.gov.br

⁴ Programa de Mastologia do Hospital das Clínicas - UFG
1ª Avenida, s/nº, Setor Universitário
74.605-050 Goiânia, GO
ruffojr@terra.com.br

RESUMO

Estimar a relação benefício-risco da mamografia, em termos do número de vidas salvas/número de vidas perdidas, em rastreamento mamográfico oportunístico realizado no estado de Goiás - Brasil, em 2010, de acordo com o tipo de tecnologia disponível e a faixa etária indicada para o rastreamento. O número de vidas salvas foi estimado a partir da taxa bruta de mortalidade por câncer de mama, o número de mulheres residentes, a estimativa de redução da taxa de mortalidade em programas de rastreamento e cobertura mamográfica no estado. Para o número de vidas perdidas utilizou-se o modelo adotado por BEIR VII, onde a partir da dose média no tecido glandular (Dg) foram calculados: o número de casos de câncer radioinduzido, bem como o número de mortes por câncer radioinduzido. A partir da dose na entrada do simulador foi estimada a Dg em 100 mamógrafos em operação. Considerou-se o rastreamento bienal com rotina de incidência crânio-caudal e médio lateral oblíquo e as faixas etárias de 40 a 70 anos e 50 a 70 anos. A média da Dg entre os mamógrafos convencionais foi 4,28mGy ($\pm 1,06$) e nos equipamentos que digitalizavam a imagem foi 6,61mGy ($\pm 3,67$) com $p < 0,001$. A relação vidas salvas/vidas perdidas foi 75,5 (1253,8/16,6) para o rastreamento na faixa etária de 40 a 70 anos e 166,5 (849,4/5,1) para a faixa etária de 50 a 70 anos. O rastreamento na faixa etária de 50 a 70 anos, quando realizado bienalmente em mamógrafos com tecnologia convencional, apresentou maior benefício em termos de proteção radiológica.

1. 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 [1,2]. As consequências adversas das radiações ionizantes são bem conhecidas e há grande

preocupação com o seu emprego em programas de rastreamento. Em função disso, é obrigatório que qualquer programa de rastreamento seja justificado, tanto em termos de proteção radiológica como de benefício para a saúde da população [3,4,5].

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 [3,4].

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 [6,7,8]. 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 cânceres fatais induzidos pelas doses de radiação [8].

No Brasil, ainda não há programas de rastreamento mamográfico de base populacional [9]. Entretanto, nos últimos anos, tem sido observado, em todas as Unidades da Federação, aumento progressivo da realização de mamografias [10,11]. No estado de Goiás, ações têm sido implementadas visando desenvolver infraestrutura adequada para programa de rastreamento do câncer de mama. Entre elas, destaca-se: o Programa de Controle de Qualidade em Mamografia no Estado de Goiás (PCQM-GO) [12].

O PCQM-GO conseguiu evoluir e melhorar o desempenho dos mamógrafos a partir de 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. No entanto, o mesmo não tem ocorrido com a dose glandular média (Dg) recebida pelas mulheres [12].

Este trabalho teve como 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.

2. 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 [13].

2.1. Estimativa da dose glandular média (Dg)

A estimativa da Dg para cada equipamento teve como referência o código de prática internacional de dosimetria [1], que adota a metodologia de cálculo do protocolo europeu para dosimetria em mamografia [2]. Nesse protocolo, a Dg é calculada a partir da medida do kerma no ar (Ki) 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 Ki para Dg [14,15].

Os valores de Ki e da CSR foram medidos em cada um dos 100 mamógrafos. A medida de Ki 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 Ki, 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.

2.2. 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 outra dada idade, foi estimado a partir de modelo adaptado [13], adotado pelo comitê Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR) [16]. 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 [17].

No modelo de cálculo, usou-se a tabela de vida corrigida [18] 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.

2.2.1. 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 [13]:

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

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 [13]:

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

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 [13]:

$$N_{C_T} = \sum_{A=A_B+L}^{A_{\max}} N_C \quad (3)$$

sendo:

A_{\max} = idade máxima de interesse (neste estudo, escolheu-se 85 anos)

2.2.2. 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, $ND(AD)$, que poderão ocorrer na idade AD (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 AD 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 [13] para calcular esse parâmetro:

$$N_D(A_D) = \sum_{A=A_B+L}^{A_D} N_C(A) M(A, A_D) [S(A, \Delta - 1)] [S(A, \Delta - 1) - S(A, \Delta)] \quad (4)$$

sendo:

$M(A, AD)$ = 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 $\Delta = (AD - A)$. A relação expressa a probabilidade de que uma mulher sobreviva em até menos de 1 ano de AD , após o câncer ser detectado, mas não na idade AD

Os dados de probabilidade de sobrevivência foram estimados a partir dos dados de Coldman e colaboradores [19] e Coldman e colaboradores [20] e extrapolados para 85 anos por meio de uma proporção linear simples das curvas de sobrevivência de Tabár e colaboradores [21]. 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:

$$N_{DT} = \sum_{A_D=A_B+L}^{A_{D}^{máx}} N_D(A_D) \quad (5)$$

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.

2.2.3. 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 [9] e da população feminina, de 3.093.711, para o estado de Goiás [11]. Considerou-se, também, que o rastreamento reduz em 24% a mortalidade decorrente de câncer de mama [19,22] e que, no estado, as mulheres têm 66% de cobertura de mamografia [23]. 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.

2.3 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.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

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. A distribuição do número de exames por mamógrafo, de acordo com o tipo de tecnologia não apresentou diferença estatisticamente significativa (Tabela 1). Entretanto, no que se refere à Dg recebida pelas mulheres, a diferença foi estatisticamente significativa (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 (n°)	Exames (n°) média±DP	p	Dg (mGy) média±DP	p
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	

* Teste U de Mann-Whitney

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 1, 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 1A e 1B).

Comparando as Figuras 1A e 1B, 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.

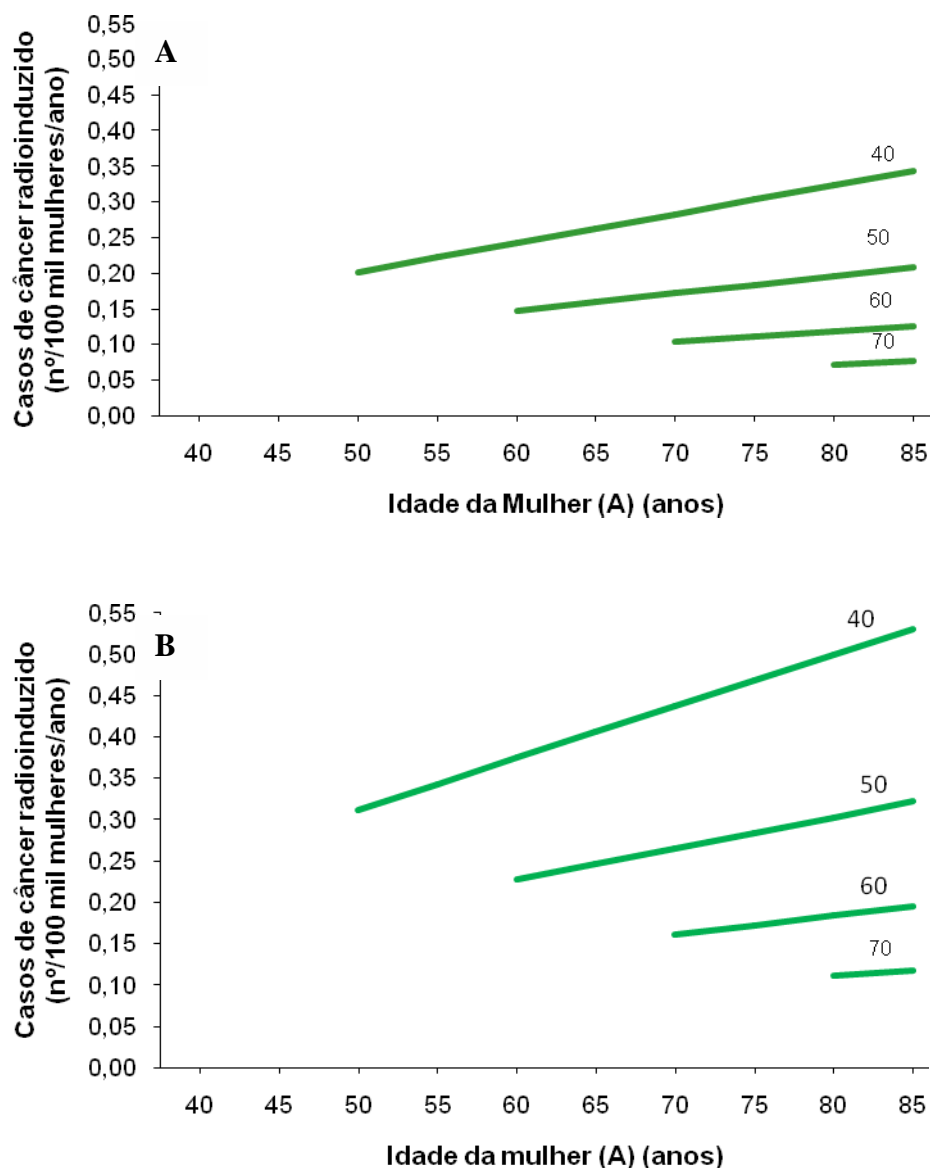


Figura 1. A. Número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a uma única mamografia entre as idade de 40 e 70 anos, para dose glandular média (D_g) de 4,28 mGy no caso de mamógrafo convencional, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 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 D_g de 6,61 mGy no caso de mamógrafo digital, em função da idade da mulher, no estado de Goiás, em 2010.

Na Figura 2, 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.

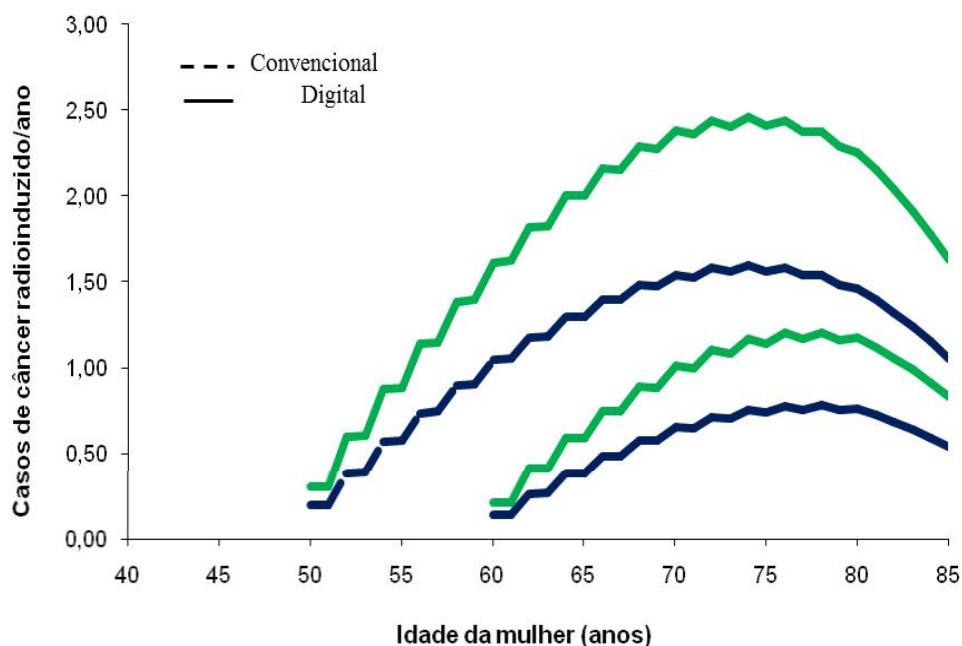


Figura 2. Número de casos de câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a mamografias subsequentes a cada 2 anos, nas faixas etárias de 40 a 70 anos e de 50 a 70 anos, após 10 anos de latência, acompanhados até os 85 anos, para dose glandular média (Dg) de 4,28 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 (n°)	Casos de câncer de mama radioinduzido (n°)			
		40-70 anos média±DP	p	50-70 anos média±DP	p
Tipo de tecnologia					
Convencional	64	41,47±10,25	< 0,001*	14,90±3,68	< 0,001*
Digital	36	64,09±35,56		23,02±12,78	

* Teste U de Mann-Whitney

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 3.

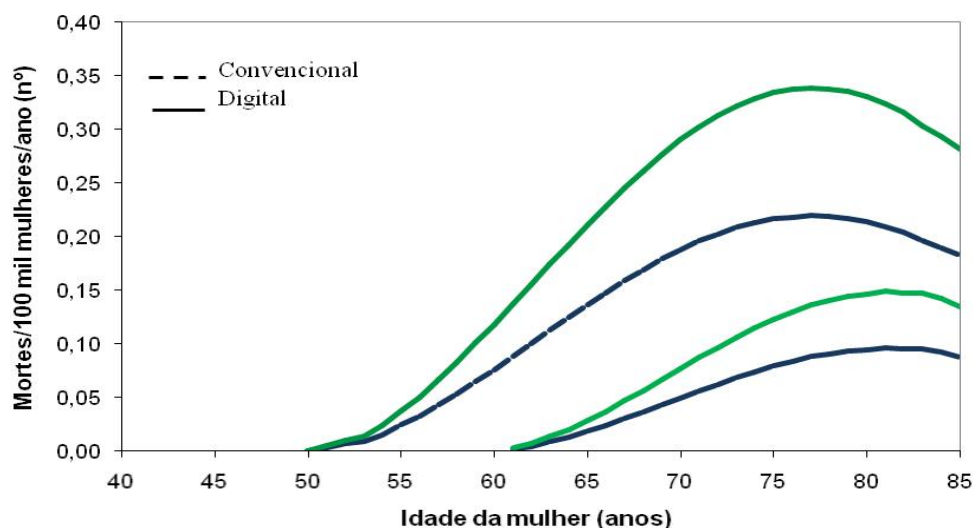


Figura 3. Número de mortes por câncer de mama radioinduzido por ano, normalizado para 100 mil mulheres submetidas a mamografias subsequentes a cada 2 anos, nas faixas etárias de 40 a 70 anos e de 50 a 70 anos, acompanhados até os 85 anos, para dose glandular média (Dg) de 4,28 mGy no caso de mamógrafo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

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	p	50-70 anos	p
		média±DP		média±DP	
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	

* Teste U de Mann-Whitney

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 (n°)	5.224	3.538
Redução em 24% no número de óbitos (vidas salvas) (n°)	1.253,8	849,4
Óbitos por câncer de mama radioinduzido (vidas perdidas) (n°)	16,6	5,1
Razão vidas salvas/vidas perdidas	75,5	166,5

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, Feing e Hendrick [24] 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 [25] 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 [26] 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.

4. CONCLUSÃO

O rastreamento na faixa etária de 50 a 70 anos, quando realizado bienalmente 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

- 1 - 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).
- 2 - 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.
- 3 - ICRP. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 1990. (ICRP Publication, 60).
- 4 - ICRP. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 1977. (ICRP Publication, 26).
- 5 - 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.
- 6 - 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.
- 7 - YAFFE, M. J.; MAINPRIZE, J. G. Risk of radiation-induced breast cancer from mammographic screening. *Radiology*, Easton, v. 258, p. 98–105, 2011.
- 8 - 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).
- 9 - 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.
- 10 - 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.
- 11 - 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.
- 12 – CORRÊA, R. S.; FREITAS-JÚNIOR, R.; PEIXOTO, J. E.; RODRIGUES, D. C. N.; LEMOS M. E. F.; DIAS C. M.; FERREIRA R. S.; RAHAL R. M. S. Efetividade de programa de controle de qualidade em mamografia para o Sistema Único de Saúde. *Rev Saúde Pública* 2012;46(5):769-76.
- 13 - 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.
- 14 – 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.

- 15 - 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.
- 16 - NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII-phase 2. Washington, DC: National Academies Press, 2006.
- 17 - 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.
- 18 - IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil: Tábua completa de mortalidade – mulheres – 2010. Brasília, DF, 2011.
- 19 - 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.
- 20 - 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.
- 21 - 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.
- 22 - 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.
- 23 - 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.
- 24 - 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.
- 25 - 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.
- 26 - 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.