

# DOSES DE RADIAÇÃO EFETIVA PARA OS PACIENTES NOS EXAMES DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA REALIZADOS NO HOSPITAL NAVAL MARCÍLIO DIAS

Recebido em 16/06/2016

Aceito para publicação em 16/09/2016

CF (Md) Mônica Silva Costa Janson Ney<sup>1</sup>  
Alair Augusto Sarmet Moreira Damas dos Santos<sup>2</sup>  
1º Ten (T) Giuliana Vasconcelos de Souza Fonseca<sup>3</sup>

## RESUMO

Este estudo visa avaliar a dose de radiação para o paciente nos exames de tomografia computadorizada (TC) realizados no Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD), a partir das doses efetivas médias em cada tipo de exame. Métodos: estudo retrospectivo, descritivo, através da análise das doses de radiação para o paciente nos exames de crânio, tórax e abdome/pelve, a partir do valor do produto comprimento-dose e da medida da dose efetiva para cada exame. O estudo foi feito no equipamento multidetector Somatom Sensation 40 canais; *Siemens Healthcare*, Alemanha, instalado no Serviço de Radiodiagnóstico. Foi realizada uma análise descritiva dos dados com apresentação de porcentagens, valores médios e respectivos desvios-padrão. Foram construídos intervalos de confiança de 95% para verificar se as doses efetivas médias estavam dentro dos valores das doses efetivas típicas para exames de TC propostas pelo *American Association of Physicists in Medicine (AAPM)* relatório nº 96. Resultados: A amostra foi composta por 1.410 exames, tal que 407 eram de crânio, 461 de tórax e 542 de abdome/pelve. As doses efetivas médias encontradas foram de 1,55 mSv, 3,87 mSv e 7,75 mSv para os exames de crânio, tórax e abdome/pelve, respectivamente. Conclusão: O presente estudo identificou que as tomografias de tórax foram realizadas com as médias das doses efetivas abaixo dos valores típicos preconizados, enquanto nos exames de crânio e abdome/pelve as doses efetivas estavam dentro da faixa fornecida pelo AAPM relatório nº 96.

**Palavras-chave:** Dose de radiação; Dose efetiva; Tomografia computadorizada por raios X; Redução de dose.

## ABSTRACT

*To assess the radiation dose to the patient in computed tomography (CT) performed at the Marcilio Dias Navy Hospital, from the effective doses mean values for each type of examination. Methods: A retrospective, descriptive study, through the analysis of radiation dose to the patients undergoing head, chest and abdomen / pelvis CT examinations, from the value of the dose-length product that was subsequently converted into the effective dose for each examination. The study was conducted in the multidetector scanner Somatom Sensation 40 slices; Siemens Healthcare, Germany. A descriptive analysis of the data with the presentation of percentages, average and standard deviations values*

\*Trabalho realizado no Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital Naval Marcílio Dias – Rio de Janeiro-RJ

<sup>1</sup> Médica. Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciências Médicas da Universidade Federal Fluminense. Chefe do Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital Naval Marcílio Dias. Endereço para correspondência: Rua César Zama 185- 3º andar – Departamento de Radiologia - Lins de Vasconcelos – RJ. CEP 20725-090. E-mail costa.ney@hotmail.com

<sup>2</sup> Médico. Professor Associado da Faculdade de Medicina da Universidade Federal Fluminense.

<sup>3</sup> Estatística. Encarregada da Seção de Bioestatística do Instituto de Pesquisas Biomédicas do Hospital Naval Marcílio Dias.

were performed. 95% confidence intervals were built to verify that the average effective doses were within the typical values of effective dose for CT examinations proposed by the American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Report # 96. Results: The sample consists of 1,410 examinations, such that 407 were head, 461 chest and 542 abdomen / pelvis. The average effective doses found were 1.55 mSv, 3.87 mSv and 7.75 mSv for head, chest and abdomen / pelvis examinations, respectively. Conclusion: This study identified that the chest examinations were performed with effective doses below the typical values, while the effective doses for head and abdomen / pelvis examinations were within the range provided by the AAPM Report # 96.

**Key words:** radiation dose; effective dose; computed tomography; dose reduction.

## INTRODUÇÃO

O ser humano está exposto diariamente à radiação ionizante, proveniente de fontes naturais (~70%) e fontes artificiais (~30%). Das fontes artificiais, constata-se que 85% têm origem nos procedimentos radiológicos. As tomografias computadorizadas representam 15% de todos os exames de imagem e contribuem com 75% das fontes artificiais de radiação para a população.<sup>1</sup> A quantidade de dose de radiação absorvida aos que os pacientes são expostos está associada a um aumento no risco de desenvolvimento de câncer, particularmente em crianças, que são 10 vezes mais sensíveis à radiação do que adultos. Este fato deve-se a quantidade maior de células sofrendo divisões nos tecidos e nos órgãos ainda em desenvolvimento, bem como, pela sua maior expectativa de vida.<sup>2-3</sup>

A dose de radiação para o pulmão em um exame de raios-X de tórax convencional varia de 0,01-0,15 mSv, enquanto que a dose para o órgão examinado na tomografia pode variar de 10-20 mSv, podendo atingir até 80 mSv num exame de angiotomografia em um equipamento de 64 canais.<sup>4</sup> Segundo o BEIR VII (Biological Effects of Ionizing Radiation) da *National Academy of Science*, uma única dose populacional de 10 mSv associa-se a um risco de 1 em 1.000 para o desenvolvimento de câncer sólido ou leucemia ao longo da vida, aumentando esta proporção se a exposição ocorrer em fases mais precoces da vida.<sup>5-7</sup>

Estudos sugerem que os protocolos utilizados para realização dos exames diferem entre os serviços radiológicos, levando a grandes variações

da dose de radiação para o paciente num dado exame.<sup>2</sup> A dose para o paciente também varia de acordo com a marca, modelo e número de fileiras detectoras de raios-X do equipamento utilizado. Equipamentos multidetectores tendem a contribuir com doses maiores do que aqueles *single-slice*, devido à combinação de fatores geométricos e necessidade de volumes maiores para reconstrução das imagens.<sup>2</sup> Um estudo britânico mostrou uma variação de 40 vezes na dose de radiação apenas com a utilização de parâmetros técnicos diferentes.<sup>8</sup>

Existem várias ferramentas técnicas utilizadas para reduzir a dose de radiação na Tomografia Computadorizada (TC), como a modulação automática da corrente do tubo, filtração dos feixes de radiação, colimação, diminuição do potencial do tubo ou da corrente do tubo, aumento do índice de ruído e do *pitch*, que é a velocidade de deslocamento da mesa durante o exame, redução da área escaneada e do número de fases do exame.<sup>9-10</sup>

O controle das doses de radiação para o paciente não é uma prática habitual no nosso meio, contribuindo para o aumento desnecessário na dose de exposição e dos riscos associados.

Em 2009, Sodickson e cols.<sup>9</sup> realizaram um estudo retrospectivo por um período de 22 anos e observaram que 33% dos pacientes tinham realizado mais de 5 exames de tomografia; 5% tinham realizado pelo menos 22 exames e 1% tinham realizado mais de 38 exames. Destes pacientes, 15% receberam uma dose efetiva cumulativa maior que 100 mSv; 4% receberam uma dose maior que 250 mSv e 1% recebeu uma dose maior que 399 mSv.

Com base no quantitativo de pacientes que utilizam a TC como método diagnóstico, a preocupação com a dose de radiação se torna plenamente justificada. Portanto, é extremamente importante que medidas de proteção radiológica sejam tomadas no sentido de evitar as irradiações desnecessárias e doses elevadas nos exames. Para tal, devemos primeiro conhecer as doses de radiação que ofertamos aos pacientes durante os exames de TC e, assim, prevenir e reduzir a incidência de eventos adversos relacionados ao uso da radiação ionizante nos serviços de saúde.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Naval Marcílio Dias e foi dispensada a aplicação do termo de consentimento livre e esclarecido.

Trata-se de um estudo retrospectivo e descritivo de análise das doses de radiação efetiva para o paciente nos exames de TC realizados no Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital Naval Marcílio Dias, no Equipamento multidetector Somatom Sensation 40 canais; *Siemens Healthcare*, Alemanha.

Foram selecionados os exames de crânio, tórax e abdome/pelve, por serem os que apresentam maior frequência de realização nos serviços avaliados. Os dados foram obtidos a partir do *Picture Archiving and Communication System* (PACS) da instituição, por ordem de data de realização, por um período de 12 meses. Os exames de abdome e pelve foram considerados somente um exame, porque neste serviço é padronizada a aquisição de sequência única englobando o abdome e a pelve.

Os critérios de inclusão foram: exames com somente uma sequência de exposição, sem administração do meio de contraste venoso; pacientes com idade superior a 14 anos, porque são utilizados protocolos diferentes para crianças abaixo desta faixa etária; protocolo de exame do paciente disponível no PACS; exames com qualidade técnica de imagem que permitiram a emissão de laudos; exames cujos protocolos para realização foram classificados como rotina a fim de padronização.

Todos os demais exames realizados na instituição que não se enquadraram nos critérios acima foram excluídos do estudo.

Os dados analisados foram obtidos a partir dos protocolos do paciente fornecido pelo equipamento ao final de cada exame (figura 1). Foram avaliados os valores do produto dose-comprimento (DLP) que é utilizado para medir a quantidade total de radiação recebida pelo paciente para um determinado exame e a partir do qual foi calculada a dose efetiva (E) utilizando o coeficiente k para adulto, determinado pelo *National Radiological Protection Board* (NRPB) do Reino Unido<sup>11-12</sup>, onde os valores de k dependem de cada região do corpo a ser escaneada (tabela 1), através da fórmula:  $E \text{ (mSv)} = k \times \text{DLP}$ .

Word:  
Physician:  
Operator:

Total mAs 3184    Total DLP 297

	Scan	KV	mAs / ref.	CTDIvol	DLP	TI	cSL
Patient Position H-SP							
Topograma	1	120				5.3	0.6
ABD PEL SEM	2	120	73 / 160	6.07	297	0.5	0.6

Figura 1: Protocolo do paciente fornecido pelo equipamento ao final do exame.

Região do Corpo	K(mSv mGy-1 cm-1)
	adulto
Crânio	0,0021
Tórax	0,014
Abdome/pelve	0,015

\*Adaptado do Relatório da *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) nº 96 de 2008.

Tabela 1: Valores de K, para adulto, utilizados para cálculos da dose efetiva.

Após estabelecer as doses efetivas médias e seus respectivos desvios-padrão, em cada tipo de exame, estas foram comparadas com os valores das doses efetivas típicas de radiação fornecidas pelo AAPM relatório nº 96, conforme demonstrado na tabela 2. Foi realizada uma análise descritiva dos dados com apresentação de porcentagens, valores médios e respectivos desvios-padrão, sendo construídos intervalos de confiança de 95% para verificar se as doses efetivas médias encontravam-se dentro dos parâmetros especificados. Foi adotado o nível de 5% de significância e utilizado o *software* livre R 3.2.2.

Exames	mSv
Crânio	1-2
Tórax	5-7
Abdome/pelve	8-14

\*Adaptado do Relatório da *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) nº 96 de 2008.

Tabela 2: Valores típicos de doses efetivas em TC.

## RESULTADOS

A amostra foi composta por 1.410 exames de TC, tal que 407 (29%) eram de crânio, 542(38%) de abdome/pelve e 461 (33%) de tórax, conforme demonstrado na figura 2.

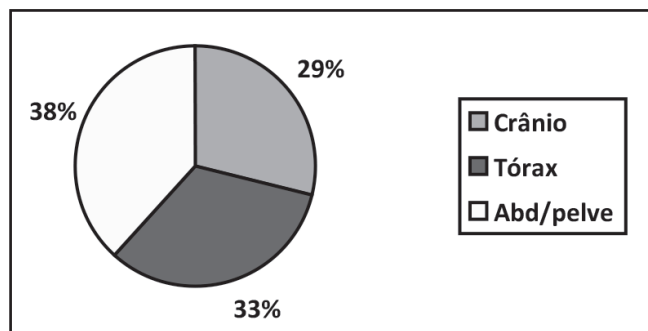


Figura 2: Composição amostral por exame.

Com relação à idade, observou-se maior frequência de pacientes com idades a partir de 60 anos nos exames de crânio e tórax. Já o exame de abdome/pelve foi mais frequente nos pacientes mais jovens (tabela 3). Houve predominância do gênero feminino em todos os tipos de exame (tabela 4). Houve diferença significativa nos valores das médias das doses efetivas entre os pacientes do sexo masculino e feminino nos três tipos de exames. Foi observado que a média da dose efetiva foi maior em pacientes do sexo masculino que do feminino (tabela 5).

Idade	Crânio (n=407)	Adome (n=542)	Torax (n=461)
Min	15	15	17
1st Qu	51	34	54
Median	70	50	68
Mean	62,7	51,2	63,8
3rd Qu	78	67	77
Max	95	96	101

Tabela 3: Resumo descritivo das idades dos pacientes estatificado por tipo de exame..

Gênero	Crânio (n=407)	Abdome (n=542)	Tórax (n=461)
Masculino	200 (49,1%)	244 (45%)	227 (49,2%)
Feminino	207 (50,9%)	298 (55%)	234 (50,8%)

Tabela 4: Sexo dos pacientes por exame para cada tipo de equipamento.

As médias das doses efetivas de radiação foram 1,55 mSv, 7,75 mSv e 3,87 mSv, para os exames de crânio, abdome/pelve e tórax, respectivamente. Estes valores com os respectivos intervalos de confiança encontravam-se dentro da faixa de valores típicos tanto para os exames de crânio quanto abdome. Já nos exames de tórax, as médias estavam abaixo do intervalo, conforme demonstrado nas tabelas 6 e 7.

Gênero	Dose Efetiva (mSv)		
	Crânio	Abdome	Tórax
Feminino	1,75 <sup>a</sup> (0,33)	5,02 (2,34)	5,49 (2,55)
Masculino	1,86 (0,39)	8,72 (3,60)	9,12 (3,29)
Valor de p	<0,0001	0,0087	0,0014
a Média ± (D.P.) valor de p < 0,05 como significativo			

Tabela 5: Valores das médias e desvios-padrão das doses efetivas de radiação, estratificados por gênero.

Exame	Média da dose efetiva (mSv) (desvio-padrão)
Crânio	1,5462 (0,0961)
Abdome	7,7515 (3,0392)
Tórax	3,8737 (1,5655)

Tabela 6: Valores médios e desvios-padrão das doses efetivas calculados para cada tipo de exame.

Exame	AAPM	Dose efetiva (mSv)
Crânio	1-2	1,54-1,56
Abdome	8-14	7,50-8,01
Tórax	5-7	3,73-4,02*
* intervalo inferior aos valores típicos.		

Tabela 7: Intervalo de 95% de confiança para as médias das doses efetivas comparados aos valores das doses efetivas para exames de TC fornecidas pelo AAPM.

## DISCUSSÃO

Nas últimas décadas vêm sendo observando um aumento crescente do uso da TC na prática médica, e conseqüentemente um aumento substancial da exposição dos pacientes à doses de radiação ionizante. Nos Estados Unidos, estudos recentes reportam que 10% de todos os exames com radiação ionizante são TC, contribuindo para cerca de dois terços da dose coletiva naquele país.<sup>13</sup> Atualmente a dose para o paciente e a dose coletiva resultantes de exames de tomografia constitui um problema de saúde pública em diversos países europeus e nos Estados Unidos. No Brasil, o número de tomógrafos instalados também vem crescendo progressivamente, trazendo esta preocupação do aumento da exposição à radiação ionizante e da dose coletiva. O controle das doses de radiação para o paciente, bem como o conhecimento destas doses por parte dos profissionais de saúde, não é uma prática habitual no nosso meio, o que contribui para o aumento



desnecessário na exposição e dos riscos associados. O *Food and Drug Administration* (FDA) considera os raios-X utilizados na prática médica como um carcinógeno conhecido<sup>5</sup>, sendo estimado que a radiação decorrente de exames de tomografia foi responsável por 1,5-2,0% de todos os cânceres nos Estados Unidos e por 29.000 casos de câncer no ano de 2007.<sup>4-5,10,14</sup> Sendo assim, é extremamente importante que medidas de proteção radiológica sejam tomadas no sentido de prevenir as irradiações desnecessárias e doses elevadas nos exames. Para tal, deve-se primeiro conhecer as doses de radiação que são ofertadas aos pacientes durante os exames de TC que liberam doses maiores de radiação, quando comparada à radiologia convencional.<sup>15</sup> Pesquisas sugerem que as doses de radiação recebidas pelos pacientes submetidos a procedimentos radiológicos são subestimadas por cerca de 90% dos médicos assistentes, com a média da dose recebida sendo 6 vezes maior do que o estimado. Cerca de 100% dos pacientes também subestimam a dose recebida em um exame de TC.<sup>16</sup> Como a imagem da TC não apresenta indicação visual de superexposição, já que fornece apenas os valores de atenuação dos tecidos, são necessárias medidas de dose para o ajuste dos parâmetros técnicos do exame. Uma medida de dose de radiação utilizada é a dose efetiva, que indica a quantidade de radiação média no corpo todo a partir de uma irradiação parcial como ocorre nos exames de tomografia, além de permitir a comparação da dose entre os diferentes métodos diagnósticos.<sup>17</sup>

Por outro lado, uma redução na dose de radiação dos exames, leva a uma redução no aquecimento do tubo de raios-X, ocasionando menor desgaste do mesmo, permitindo um aumento na sua vida útil. Estima-se que o custo relacionado à troca deste componente, que pode ter uma periodicidade menor do que anual, seja superior a 50 mil dólares.<sup>18</sup> Estes dois aspectos são de suma importância na avaliação da dose para o paciente nos exames de TC, pois a redução da dose levará a uma diminuição no risco de desenvolvimento de câncer e um aumento na vida útil do tubo com redução do custo relacionado ao equipamento.

O presente estudo demonstrou as doses efetivas de radiação para o paciente nos exames de tomografia computadorizada realizados no Serviço de Radiodiagnóstico do HNMD, visando o conhecimento das doses atualmente praticadas.

Foi observado que em todos os tipos de exames houve uma predominância de pacientes do sexo feminino. Com relação à idade, nos exames

de tórax e crânio houve uma maior frequência de pacientes acima de 60 anos, enquanto nos exames de abdome, a maioria dos pacientes estava abaixo de 60 anos. Com relação à dose efetiva, houve diferença significativa entre os gêneros para todos os tipos de exames, onde os homens receberam maiores doses, em concordância com a literatura que relatou que os pacientes do sexo masculino recebem principalmente nos exames de abdome uma dose de radiação maior que as do sexo feminino, devido à diferença anatômica onde os homens têm, em média, uma circunferência abdominal maior do que as mulheres.<sup>19</sup> Segundo Rodrigues (2012), a altura e a idade não influenciam a dose de radiação efetiva recebida.<sup>19</sup>

Neste estudo, quando os valores das doses efetivas encontradas foram comparados ao preconizado no AAPM relatório nº 96, verificou-se que os valores médios nos exames de crânio e abdome/pelve estavam dentro da faixa especificada. Já os exames de tórax apresentaram valores abaixo da faixa típica preconizada na literatura. Isto está de acordo com o princípio da otimização que significa manter as doses de radiação tão baixas quanto razoavelmente exequível (princípio ALARA, do inglês *As Low As Reasonably Achievable*), consistente com uma qualidade de imagem adequada à obtenção da informação diagnóstica.

A finalidade deste estudo foi trazer à luz o conhecimento das doses efetivas de radiação liberadas para os pacientes nos exames de tomografia realizados no HNMD permitindo futuros ajustes técnicos para a realização de exames com doses ainda menores de radiação para o paciente. Foram observadas algumas limitações como a ausência de análise dos níveis de ruído e *pitch*, por não estarem disponíveis. Também não foram levados em consideração o peso e altura dos pacientes que não são rotineiramente anotados pelo centro radiológico estudado.

Concluindo, o Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital Naval Marcílio Dias realiza exames de tomografia computadorizada com doses baixas para os estudos de tórax e com doses dentro dos valores típicos preconizados na literatura para os exames de crânio e abdome/pelve.

## REFERÊNCIAS

1. Smith A, Dillion W, Lau B, Gould R, Verdun F, Lopez E, et al. Radiation dose reduction strategy for CT protocols: successful implementation in neuroradiology section. *Radiology*. 2008;247:499-506.
2. Golding SJ, Shrimpton PC. Radiation dose

in CT: are we meeting the challenge. *Brit J Radiol.* 2002;75:1-4.

3. Lima CMAO, Monteiro AMV. Proteção radiológica à criança e ao adolescente. *Rev Hosp Univ Pedro Ernesto.* 2011;10:35-41.

4. Hall EJ, Brenner DJ. Cancer risk from diagnostic radiology. *Brit J Radiol.* 2008 May;81(965):362-78.

5. Johnson DA. Tomografia computadorizada: fonte crescente de exposição à radiação [Internet]. 2008 [acesso em 06 jun 2013]. Disponível em: <http://www.medcenter.com/medscape/contentprint>.

6. Griffey RT, Sodickson A. Cumulative Radiation exposure and cancer risk estimates in emergency department patients undergoing repeat or multiple CT. *Am J Roentgenol.* 2009 Apr;192(4):887-92.

7. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII Phase 2 [Internet]. 2006 [acesso em 06 ago 2015]. Disponível em: <http://www.nap.edu/>

8. Linton OW, Mettler FA Jr. National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients. *Am J Roentgenol.* 2003 Aug;181(2):321-9.

9. Sodickson A, Baeyens PF, Andriole KP, Prevedello LM, Nawfel RD, Hanson R, et al. Recurrent CT, cumulative radiation exposure and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults. *Radiology.* 2009 Apr;251(1):175-84.

10. Koller CJ, Eatough JP, Bettridge A. Variations in radiation dose between the same model of multislice CT scanner at different hospitals. *Brit J Radiol.* 2003;76: 798-802.

11. McCollough CH, Christner JA, Kofler JM. How effective is effective dose as predictor of radiation risk? *Am J Roentgenol.* 2010 Apr; 194(4):890-6.

12. American Association of Physicists in Medicine. The measure, reporting and management of radiation dose in CT. Report of AAPM Task Group 23: CT Dosimetry. Diagnostic Imaging Concil CT Committee. College Park: American Association of Physicists in Medicine; 2008 Jan. AAPM Report n. 96.

13. Daros KAC, Medeiros RB. Estudo de protocolo otimizado para exames de tomografia computadorizada de crânio. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo; 2002.

14. Dijkstra H, Groen JM, Bongaerts FA, van der Jaqt EJ, de Bock TG, Greuter MJ. The cumulative risk of multiple CT exposures using two different

methods. *Health Phys.* 2014 Apr;106(4):475-83.

15. Bauhs JA, Vrieze TJ, Primak AN, Bruesewitz MR, McCollough CH. CT dosimetry: comparison of measurement techniques and devices. *Radiographics.* 2008 Jan-Feb;28(1):245-53.

16. Younger C, Bayliss S, McWilliam A, Ong C, Oh F. Doctor, what's the risk? Is our knowledge of radiation keeping up with technology? [Internet] Combined Scientific Meeting on Imaging and Radiation in Personalised Medicine; 2014 Sept 4-7; Melbourne, Australia. Poster n. R-0146. 2014 [acesso em 06 ago 2015]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1594/ranzcr2014/R-0146>.

17. Goo HW. CT radiation dose optimization and estimation: an up date for radiologists. *Korean J Radiol.* 2012 Jan-Feb;13(1):1-11.

18. Gray J, Archer B, Butler P, Hobbs B, Mettler Jr, F, Pizzutiello Jr R, et al. Reference values for diagnostic radiology: application and impact. *Radiology.* 2005;235:354-8.

19. Rodrigues SI, Abrantes AF. Estudo da dose nos exames de tomografia computadorizada em um equipamento de 6 cortes. *Radiol Bras.* 2012;45:326-33.

**Como citar este artigo:** Ney MSCJ, Santos AASMD, Fonseca GVS. Doses de radiação efetiva para os pacientes nos exames de tomografia computadorizada realizados no Hospital Naval Marcílio Dias. *Arq Bras Med Naval.* 2016 jan/dez;77(1):15-20.